

平成 26 年度
中小製造業向け機械安全教育プログラムの
開発に関する報告書

平成 27 年 3 月

一般社団法人 日本機械工業連合会



RING!RING!
プロジェクト
競輪の補助事業

この報告書は、競輪の補助金により作成しました。
<http://ringring-keirin.jp/>



序

当会は、経済産業省、公益財団法人JKA及び関係団体のご協力を得て、「機械安全の標準化事業」と「機械安全の推進事業」に取り組んでおります。

これは、機械安全の国際標準化活動における国内審議団体としての使命を果たすとともに、その普及活動を通じて我が国における機械安全の確保に貢献しようとするものであります。

機械安全は、EUにおけるCEマーキング制度の発足を契機に、関連するEN規格が制定され、これに基づく国際規格化が進められるなど、世界的にもその重要性が認知されております。

我が国においても、平成 13 年の機械の包括的な安全基準に関する指針にはじまり、平成 26 年労働安全衛生法改正による設計技術者、生産技術管理者に対する機械安全教育カリキュラムの提示、産業用ロボットと人との協働作業が可能となる安全基準の明確化、また、経済産業省の製品安全に関する施策として、製品安全対策優良企業表彰受賞者による製品安全コミュニティーの設置及び生活支援ロボット安全検証センターの設置など、安全性確保に向けた取組が充実しつつあります。さらに、国土交通省における機械式立体駐車場の安全対策(ガイドライン発行、JIS 化開始)が提示されており、幅広い分野において安全対策が推進されることが期待されています。

本事業では、上述の設計技術者、生産技術管理者に対する機械安全教育カリキュラムに対応するため、ISO/TC199及びIEC/TC44(機械類の安全性、弊会担当)の機械安全規格を基礎とした体系的な教育・研修等のプログラムを検討し、またこの教育・研修プログラムで使用する機械安全に関する教育・研修材料の開発のための討議を行っております。

平成 26 年度は、作成すべきプログラムの内容を検討し、設計技術者が分かり易くかつ活用し易いものになるように整理を行いました。

本報告者は、企業が機械安全へ取り組む一助となるよう、取り纏めたものです。

本報告書が、関係各位のご参考に寄与すれば幸甚であります。

平成 27 年 3 月 一般社団法人日本機械工業連合会

会 長 岡 村 正

はじめに

機械安全に関しては、安全の基本概念から個別機械の安全に至るまでの技術による工学的対策を基本とする考え方が、ISO／IEC 国際標準として体系化されている。欧州から発信されたこの考え方は、今や、北南米、また、中国を含むアジア各諸国にも広がり、機械災害防止の世界的な共通認識となっているが、我が国では、これまで機械を使用する人の作業安全対策を中心に機械災害の防止活動を推進してきたという背景から、十分に浸透していないのが現状である。生産技術の国際競争力を維持する意味でも、機械安全の本質を理解し、生産現場で稼働する機械の安全性確保にどのように繋げるかが重要と思われる。

機械安全の本質を理解し、国際標準の考え方を普及していくためには、企業経営者の理解、社会基盤の整備、教育制度など我が国の現状を踏まえた多くの課題を解決しなければならない。その方策の一つの例が、ISO／TC199及びIEC／TC44の機械安全規格を基礎とした体系的な教育・研修等のプログラムの検討であり、またこの教育・研修プログラムで使用する機械安全に関する教育・研修材料の開発である。

本開発部会では、作成すべきプログラムの内容を、厚生労働省の通達、基安発 0415 第 3 号のカリキュラムに則ったものにするとし、設計技術者が分かり易くかつ活用し易いものになるように整理を行い、報告書としてとりまとめた。

本開発部会での議論が、多くの生産現場において、安全問題の抽出や明確化に役立てられるとともに、各種安全規格への対応の促進及び「機械の包括的な安全基準に関する指針」の普及と浸透に寄与することを期待する。

中小製造業向け機械安全教育プログラムの開発部会

主査 向 殿 政 男

平成26年度 中小製造業向け機械安全教育プログラムの開発部会 委員名簿

(敬称略、委員氏名五十音順)

	所属・職位	氏名
主 査	明治大学 名誉教授	向 殿 政 男
副主査	大妻女子大学 人間関係学部 講師	中 嶋 洋 介
幹 事	(株)エヌ・エス・エス シニアセーフティエンジニア	内 藤 博 光
委 員	住友重機械工業(株) プラスチック機械事業部成形システム部 部長	石 川 篤
	(独法)労働安全衛生総合研究所 機械システム安全研究グループ 部長	梅 崎 重 夫
	(一社)日本工作機械工業会 技術部長	大 槻 文 芳
	(一社)日本食品機械工業会 事業部 部長	大 村 宏 之
	平田機工(株) 開発本部 開発部 グループマネージャ	木 下 博 文
	(公社)産業安全技術協会 技術支援部 技術支援室 試験員	久 保 博 史
	IDEC(株) 国際標準化・知財推進センター 安全・標準化推進グループ	関 野 芳 雄
	パナソニックデバイスSUNX(株) センシングコントロール事業部 センサ・セーフティ商品開発部 セーフティ開発グループ 主事	長谷川 佳宣
	(株)コシダアート 専務執行役員 取説マスター事業部 プロデューサー	正 木 秀 樹
	Safety Craft 代表	水 野 恒 夫
	日本女子大学 家政学部 被服学科 教授	横 井 孝 志
オブザーバ	職業能力開発総合大学校 教授	千 葉 正 伸
	(独法)高齢・障害・求職者雇用支援機構 公共職業訓練部 能力評価課 専門役	大 屋 昌 弘
事務局	(一社)日本機械工業連合会 標準化推進部長	宮 崎 浩 一
	(一社)日本機械工業連合会 標準化推進部 課長	野 村 浩 章
	(一社)日本機械工業連合会 標準化推進部 課長	吉 田 重 雄
	(株)三菱総合研究所 科学・安全政策研究本部 主席研究部長	首 藤 俊 夫
	(株)三菱総合研究所 科学・安全政策研究本部 チーフリサーチプロフェッショナル	土 屋 正 春

(平成27年3月1日 現在)

目 次

はじめに

1. 背景と目的	1
2. 開発部会の開催	2
3. 機械安全教育プログラム	3
3.1 厚生労働省：設計技術者に対する機械安全教育カリキュラム	3
3.2 機械安全教育プログラム第 1 次案	5
3.3 機械安全教育プログラム第 2 次案	8
3.4 機械安全教育プログラム平成 26 年度案	12
4. 機械安全教育プログラムに関する検討	16
4.1 開発部会における議論	16
5. 検討成果	27
6. 今後の検討課題	28

おわりに

付録

図 表 目 次

表 3-1 設計技術者に対する機械安全教育カリキュラム.....	4
表 3-2 機械安全教育プログラム第 1 次案(1/2).....	6
表 3-3 機械安全教育プログラム第 1 次案(2/2).....	7
表 3-4 機械安全教育プログラム第 2 次案(1/3).....	9
表 3-5 機械安全教育プログラム第 2 次案(2/3).....	10
表 3-6 機械安全教育プログラム第 2 次案(3/3).....	11
表 3-7 機械安全教育プログラム平成 26 年度案(1/3).....	13
表 3-8 機械安全教育プログラム平成 26 年度案(2/3).....	14
表 3-9 機械安全教育プログラム平成 26 年度案(3/3).....	15

1. 背景と目的

機械及び設備の安全性を確保するためには、リスクアセスメントを行って安全性を評価し、対策を講じる専門人材が必要である。この安全の専門人材は、機械安全等に関する規格、技術、法律など様々な知識を体系的に習得する必要があるが、個々の事業所において、特に、中小製造業や中規模事業所等においては、自社内でこれら知識等を体系的に習得するための教育・研修等の仕組みを構築・維持することは、経済的、組織的、また最新情報の入手等の観点からも困難であり、外部機関等による支援が必要となる。

これらのことは、第 12 次労働災害防止計画の「行政、労働災害防止団体、業界団体等の連携・協働による労働災害防止の取組み」の中でも指摘されている。

また、先に発行された「基安発 0415 第 3 号(設計技術者、生産技術管理者に対する機械安全に係る教育について)」においては、教育の実施要領も示されている。本事業では、これらに対応するために、ISO/TC199 及び IEC/TC44(機械類の安全性)の機械安全規格を基準とした体系的な教育・研修等のプログラムを検討し、この教育・研修プログラムで使用する機械安全に関する教育・研修材料を開発することを目的とする。

2. 開発部会の開催

本事業の目的を達成するために、機械安全に関する有識者から構成される「中小製造業向け機械安全教育プログラムの開発部会」(以下、開発部会)を組織し、以下に示す 3 回の開発部会を開催し検討を行った。

- 第 1 回 平成 26 年 8 月 25 日
- 第 2 回 平成 26 年 10 月 21 日
- 第 3 回 平成 27 年 1 月 20 日

3. 機械安全教育プログラム

開発部会を中心に機械安全教育プログラムについて、必要とされる項目について議論し、見直しを行った。以下に、厚生労働省から示された教育カリキュラムと、開発部会で検討された機械安全教育プログラム案を示す。開発部会での検討内容については4章に示す。

3.1 厚生労働省：設計技術者に対する機械安全教育カリキュラム

厚生労働省労働基準局安全衛生部長から関係事業者団体等の長宛に、2014年(平成26年)4月15日付で「基安発0415第3号:設計技術者、生産技術管理者に対する機械安全に係る教育について」が発行された。ここでは機械安全に係る教育の実施要領が定められているが、その中で「設計技術者に対する機械安全教育カリキュラム」が示されている。

今回開発を検討する機械安全教育プログラムは、基本的に、この「設計技術者に対する機械安全教育カリキュラム」に対応し、全ての範囲を含むものとするを考えている。

表3-1に設計技術者に対する機械安全教育カリキュラムを示す。厚労省の資料では、このカリキュラムの他に、生産技術管理者に対する機械安全教育カリキュラムも示されている。

表 3-1 設計技術者に対する機械安全教育カリキュラム

科目	範囲	時間
1 技術者倫理	(1) 労働災害、機械災害の現状と災害事例	1.0
	(2) 技術者倫理、法令遵守(コンプライアンス)	
2 関係法令	(1) 法令の体系と労働安全衛生法の概要	3.0
	(2) 機械の構造規格、規則の概要	
	(3) 機械の包括安全指針の概要	
	(4) 危険性又は有害性等の調査(リスクアセスメント)等に関する指針の概要	
	(5) 機械に関する危険性等の通知の概要	
3 機械の安全原則	(1) 機械安全規格の種類と概要(日本工業規格(JIS 規格)、国際規格(ISO 規格、IEC 規格))	6.0
	(2) 機械安全一般原則の内容(JIS B9700(ISO 12100))	
	(電気・制御技術者のみ) (3) 電気安全規格(JIS B9960-1(IEC 60204-1))	5.0
4 機械の設計・製造段階のリスクアセスメントとリスク低減	(1) 機械の設計・製造段階のリスクアセスメント手順	18.0
	(2) 本質的安全設計方策	
	(3) 安全防護及び付加保護方策	
	(4) 使用上の情報の作成	
	(電気・制御技術者のみ) (5) 制御システムの安全関連部(JIS B9705-1(ISO 13849-1))	5.0
5 機械に関する危険性等の通知	(1) 残留リスクマップ、残留リスク一覧の作成	2.0

3.2 機械安全教育プログラム第 1 次案

第 1 回開発部会での議論に基づき、厚生労働省のカリキュラムも考慮して作成した機械安全教育プログラムの第 1 次案を表 3-2、表 3-3 に示す。

この第 1 次案では、全体を 8 章に分けた構成としており、各章の概要を示している。また、関連する規格や法令についても示している。

厚生労働省カリキュラムとの対応関係についても示しており、教育プログラムを実施することで、厚生労働省カリキュラムの全ての内容をカバーできるようにしている。

表 3-2 機械安全教育プログラム第 1 次案 (1/2)

目次		概要	関連法令・規格	厚労省カリキュラムとの対応	
1. 安全とは何か		安全、ハザード、リスクの考え方を理解する。 技術者倫理とコンプライアンス	ISO/IEC Guide 51:2014	1 技術者倫理	(2) 技術者倫理、法令遵守(コンプライアンス)
2. 安全設計の基本		本質的安全設計 3 ステップメソッド	JIS B 9700:2013(ISO 12100:2010)	3 機械の安全原則 4 機械の設計・製造段階のリスクアセスメントとリスク低減	(2) 機械安全一般原則の内容(JIS B9700(ISO 12100)) (2) 本質的安全設計方針
3. リスクアセスメント	3. 1 ハザードについて	ソース、メカニズム、アウトカム		4 機械の設計・製造段階のリスクアセスメントとリスク低減	(1) 機械の設計・製造段階のリスクアセスメント手順
	3. 2 リスクパラメータ	危害の程度、暴露の頻度、発生の可能性、回避の失敗			
	3. 3 リスクアセスメントの手法	リスクアセスメント手法 リスクグラフ、マトリックス			
4. 機械に起因する労働災害	4. 1 発生状況	機械を起因物とする事故発生状況 起因物と事故型(はさまれ、巻き込まれ、切れ、こすれ等)の関係		1 技術者倫理	(1) 労働災害、機械災害の現状と災害事例
	4. 2 事故事例	代表的な事故事例			
5. 安全の国際標準と法令	5. 1 機械安全国際標準	階層的規格体系 state of the art と good engineering practice		3 機械の安全原則	(1) 機械安全規格の種類と概要(日本工業規格(JIS 規格)、国際規格(ISO 規格、IEC 規格))
	5. 2 国内法令	法令による要求事項 法令と規格の関係	労働安全衛生法 機械の構造規格 包括安全指針 リスクアセスメントの指針	2 関係法令	(1) 法令の体系と労働安全衛生法の概要 (2) 機械の構造規格、規則の概要 (3) 機械の包括安全指針の概要 (4) 危険性又は有害性等の調査(リスクアセスメント)等に関する指針の概要

表 3-3 機械安全教育プログラム第 1 次案(2/2)

目次		概要	関連法令・規格	厚労省カリキュラムとの対応	
6. 機械の安全設計	6. 1 危険源の除去			4 機械の設計・製造段階のリスクアセスメントとリスク低減	(3) 安全防護及び付加保護方策
	6. 2 ガードの設計				
	6. 3 インターロックの設計				
	6. 4 人間工学				
	6. 5 防爆				
7. 電気と制御システムの安全設計	7. 1 電気の安全		JIS B9960-1(IEC 60204-1)	3 機械の安全原則	(3) 電気安全規格(JIS B9960-1(IEC 60204-1))
	7. 2 制御システムの安全		JIS B9705-1(ISO 13849-1)	4 機械の設計・製造段階のリスクアセスメントとリスク低減	(5) 制御システムの安全関連部(JIS B9705-1(ISO 13849-1))
8. ユーザーへの情報提供	8. 1 提供すべき情報	残留リスクと対策方法		2 関係法令	(5) 機械に関する危険性等の通知の概要
	8. 2 情報提供の方法	注意と警告の方法		4 機械の設計・製造段階のリスクアセスメントとリスク低減	(4) 使用上の情報の作成
				5 機械に関する危険性等の通知	(1) 残留リスクマップ、残留リスク一覧の作成

3.3 機械安全教育プログラム第 2 次案

第 2 回開発部会で議論された点に基づいて見直した機械安全教育プログラムの第 2 次案を表 3-4、表 3-5、表 3-6 に示す。

第 2 次案で見直したポイントを以下に示す。

- 「1. 安全とは何か」に、「リスクゼロはありえない」を追加した。
- 労働災害の実例を教育プログラムの最初の段階で示しやすいよう、「機械に起因する労働災害」を 2 章に移動した。
- 「リスクアセスメント」が独立した章になっていたが、「本質的安全設計」と「3 ステップメソッド」と同じ章に含めることとし、4 章として「安全設計の基本」を設定した。
- 学びやすさを考えて、「機械の安全設計」の章を「安全設計の基本」の章の次に位置づけた。そのため、「安全の国際標準と法令」を 3 章に移動した。
- 「機械の安全設計」の最初に、「機械の制限」に関する節を設けた。
- 「機械の安全設計」における「危険源の除去」は、除去できない場合もあるため、「危険源の除去とリスクの低減」に修正した。
- 「安全の国際標準と法令」の中で、「安全基準への適合と認証の意味」を含めることとした。
- 「6. 1 電気の安全」を、4 つのパートで構成することとした。「電気に起因する危険」、「停止機能」、「感電保護」、「装置の保護」は、電気安全規格 JIS B 9960-1 (IEC 60204-1) に対応するものである。
- 「6. 2 制御システムの安全」を、3 つのパートで構成することとした。「制御回路と制御機能」は電気安全規格 JIS B 9960-1 (IEC 60204-1) に対応するものであるが、制御システムの安全に関係が深いため、この節に含むものとした。「制御システムの設計および安全機能」、「カテゴリと確認」は、制御システムの安全関連部 JIS B 9705-1 (ISO 13849-1) に対応するものである。

表 3-4 機械安全教育プログラム第 2 次案 (1/3)

目次		概要	関連法令・規格	技術者倫理	厚労省カリキュラムとの対応
1. 安全とは何か		安全、ハザード、リスクの基本的考え方の理解 リスクゼロはありえない 技術者倫理とコンプライアンス	ISO/IEC Guide 51:2014	1 技術者倫理	(2) 技術者倫理、法令遵守(コンプライアンス)
	2. 機械に起因する労働災害	2. 1 発生状況 機械を起因物とする事故発生状況 起因物と事故型(はさまれ、巻き込まれ、切れ、こすれ等)の関係 2. 2 事故事例 代表的な事故事例		1 技術者倫理	(1) 労働災害、機械災害の現状と災害事例
3. 安全の国際標準と法令	3. 1 機械安全国際標準	階層的規格体系 state of the art と good engineering practice		3 機械の安全原則	(1) 機械安全規格の種類と概要(日本工業規格(JIS規格)、国際規格(ISO規格、IEC規格))
	3. 2 国内法令	法令による要求事項 法令と規格の関係 安全基準への適合と認証の意味	労働安全衛生法 機械の構造規格 包括安全指針 リスクアセスメントの指針	2 関係法令	(1) 法令の体系と労働安全衛生法の概要 (2) 機械の構造規格、規則の概要 (3) 機械の包括安全指針の概要 (4) 危険性又は有害性等の調査(リスクアセスメント)等に関する指針の概要
4. 安全設計の基本	4. 1 本質的安全設計	本質的安全設計	JIS B 9700:2013(ISO 12100:2010)	3 機械の安全原則	(2) 機械安全一般原則の内容(JIS B9700(ISO 12100))
	4. 2 3 ステップメソッド	3 ステップメソッド		4 機械の設計・製造段階のリスクアセスメントとリスク低減	(2) 本質的安全設計方針
	4. 3 リスクアセスメント	4. 3. 1 ハザードについて		4 機械の設計・製造段階のリスクアセスメントとリスク低減	(1) 機械の設計・製造段階のリスクアセスメント手順
		4. 3. 2 リスクパラメータ 4. 3. 3 リスクアセスメントの手法			

表 3-5 機械安全教育プログラム第 2 次案 (2/3)

目次		概要	関連法令・規格	厚労省カリキュラムとの対応	
5. 機械の安全設計	5. 1 機械の制限	使用上の制限 空間上の制限 時間的制限		4 機械の設計・製造段階のリスクアセスメントとリスク低減	(3) 安全防護及び付加保護方策
	5. 2 危険源の除去とリスクの低減	危険源の把握 危険源除去の方法			
	5. 2. 1 危険源の除去	直接的安全技術(危険源の回避) 間接的安全技術(危険源の防護) 示唆的安全技術(残留リスクの指摘)			
	5. 2. 2 リスクの低減				
	5. 2 ガードの設計	ガードの構造要求事項 ガードの種類(分離ガード、非分離ガード、抑止/阻止ガード)			
	5. 3 インターロックの設計	インターロックの必要性と要求事項 インターロックの種類(機械的、電気的、その他)			
5. 4 人間工学					
5. 5 防爆					

表 3-6 機械安全教育プログラム第 2 次案 (3/3)

6. 電気と制御システムの安全設計	目次		概要	関連法令・規格	3 機械の安全原則	厚労省カリキュラムとの対応
	6. 1 電気的安全	6. 1. 1 電気に起因する危険				
		6. 1. 2 停止機能	感電により生じる危険制御システム の故障による危険 EMC (電磁両立性) 主閉閉器と停止機能 非常停止装置	JIS B9960-1 (IEC 60204-1)	(3) 電気安全規格 (JIS B9960-1 (IEC 60204-1))	
		6. 1. 3 感電保護	直接接触に対する保護 (ハウジング、制御盤内、絶縁等) 間接接触に対する保護			
		6. 1. 4 装置の保護	過電流保護、異常温度保護、復旧時の保護、地絡電流保護 等			
		6. 2 制御システムの安全	制御回路、制御機能、保護インターロック、故障時の制御機能 等 オペレータインタフェースおよび制御機器 (押しボタン、表示灯、イネーブル制御機器等)	JIS B9960-1 (IEC 60204-1)	3 機械の安全原則	(3) 電気安全規格 (JIS B9960-1 (IEC 60204-1))
	6. 2. 3 カテゴリと確認	6. 2. 2 制御システムの設計および安全機能	安全方策の選択および設計のプロセス 制御システムの安全関連部が提供する安全機能	JIS B9705-1 (ISO 13849-1)	4 機械の設計・製造段階のリスクアセスメントとリスク低減	(5) 制御システムの安全関連部 (JIS B9705-1 (ISO 13849-1))
		6. 2. 3 カテゴリと確認	制御システムの安全関連部のカテゴリ 不具合の考慮 妥当性確認			
7. ユーザへの情報提供	7. 1 提供すべき情報		残留リスクと対策方法		2 関係法令	(5) 機械に関する危険性等の通知の概要
					4 機械の設計・製造段階のリスクアセスメントとリスク低減	(4) 使用上の情報の作成
	7. 2 情報提供の方法		注意と警告の方法		5 機械に関する危険性等の通知	(1) 残留リスクマップ、残留リスク一覧の作成

3.4 機械安全教育プログラム平成 26 年度案

第 3 回開発部会で議論された点に基づいて見直した機械安全教育プログラムの平成 26 年度案を表 3-7、表 3-8、表 3-9 に示す。

第 2 次案から見直したポイントを以下に示す。

- 「危険源」については、全て「ハザード」とする。
- 「ハザードの把握」は、「ハザードの同定」とする。
- 第 1 章に、「攻めの安全」について考えるところを加える。
- 「4. 1本質的安全設計」に、「構造的な安全設計と確率的安全設計」を追加する。
- 「5. 2ガードの設計」に、「インターロック以外の停止防護装置」を追加する。
- 「7. 1対策方法」については、「7. 1回避方法」とする。

表 3-7 機械安全教育プログラム平成 26 年度案 (1/3)

目次		概要	関連法令・規格	技術者倫理	厚労省カリキュラムとの対応
1. 安全とは何か		安全、ハザード、リスクの基本的考え方の理解 リスクゼロはありえない 技術者倫理とコンプライアンス 「攻めの安全」の実現	ISO/IEC Guide 51:2014	1 技術者倫理	(2) 技術者倫理、法令遵守(コンプライアンス)
	2. 1 発生状況	機械を起因物とする事故発生状況		1 技術者倫理	(1) 労働災害、機械災害の現状と災害事例
2. 機械に起因する労働災害	2. 2 事故事例	代表的な事故事例			
	3. 1 機械安全国際標準	階層的規格体系 state of the art と good engineering practice		3 機械の安全原則	(1) 機械安全規格の種類と概要(日本工業規格(JIS 規格)、国際規格(ISO 規格、IEC 規格))
3. 安全の国際標準と法令	3. 2 国内法令	法令による要求事項 法令と規格の関係 安全基準への適合と認証の意味	労働安全衛生法 機械の構造規格 包括安全指針 リスクアセスメントの指針	2 関係法令	(1) 法令の体系と労働安全衛生法の概要 (2) 機械の構造規格、規則の概要 (3) 機械の包括安全指針の概要 (4) 危険性又は有害性等の調査(リスクアセスメント)等に関する指針の概要
4. 安全設計の基本	4. 1 本質的安全設計	本質的安全設計 構造的な安全設計と確率的安全設計	JIS B 9700:2013(ISO 12100:2010)	3 機械の安全原則	(2) 機械安全一般原則の内容(JIS B9700(ISO 12100))
	4. 2 3 ステップメソッド	3 ステップメソッド		4 機械の設計・製造段階のリスクアセスメントとリスク低減	(2) 本質的安全設計方針
	4. 3. 1 ハザードについて	ソース、メカニズム、アウトカム		4 機械の設計・製造段階のリスクアセスメントとリスク低減	(1) 機械の設計・製造段階のリスクアセスメント手順
	4. 3. 2 リスクパラメータ	危害の程度、暴露の頻度、発生の可能性、回避の失敗			
	4. 3. 3 リスクアセスメントの手法	リスクアセスメント手法 リスクグラフ、マトリックス ドキュメンテーションの必要性			

表 3-8 機械安全教育プログラム平成26年度案(2/3)

目次		概要	関連法令・規格	厚労省カリキュラムとの対応	
5. 機械の安全設計	5. 1 機械の制限	使用上の制限 空間上の制限 時間的制限		4 機械の設計・製造段階のリスクアセスメントとリスク低減	
	5. 2 ハザードの除去とリスクの低減	5. 2. 1 ハザードの除去	ハザードの同定 ハザード除去の方法		
		5. 2. 2 リスクの低減	直接的安全技術（ハザードの回避） 間接的安全技術（ハザードの防護） 示唆的安全技術（残留リスクの指摘）		
	5. 2 ガードの設計	ガードの構造要求事項 ガードの種類（分離ガード、非分離ガード、抑止/阻止ガード） インターロック以外の停止防護装置			
	5. 3 インターロックの設計	インターロックの必要性と要求事項 インターロックの種類（機械的、電氣的、その他）			
	5. 4 人間工学				
5. 5 防爆					

表 3-9 機械安全教育プログラム平成 26 年度案 (3/3)

目次			概要	関連法令・規格	機械の安全原則	厚労省カリキュラムとの対応
6. 電気と制御システムの安全設計	6. 1 電気の安全	6. 1. 1 電気に起因する危険	感電により生じる危険制御システム (性)	JIS B9960-1 (IEC 60204-1)	3 機械の安全原則	(3) 電気安全規格 (JIS B9960-1 (IEC 60204-1))
		6. 1. 2 停止機能	主閉閉器と停止機能 非常停止装置			
		6. 1. 3 感電保護	直接接触に対する保護 (ハウジング、制御盤内、絶縁等) 間接接触に対する保護			
		6. 1. 4 装置の保護	過電流保護、異常温度保護、復旧時の保護、地絡電流保護 等			
	6. 2 制御システムの安全	6. 2. 1 制御回路と制御機能	制御回路、制御機能、保護インターロック、故障時の制御機能 等 オペレータインタフェースおよび制御機器 (押しボタン、表示灯、イネーブ ル制御機器等)	JIS B9960-1 (IEC 60204-1)	3 機械の安全原則	(3) 電気安全規格 (JIS B9960-1 (IEC 60204-1))
		6. 2. 2 制御システムの設計および安全機能	安全方策の選択および設計のプロセス 制御システムの安全関連部が提供する安全機能	JIS B9705-1 (ISO 13849-1)	4 機械の設計・製造段階のリスクアセスメントとリスク低減	(5) 制御システムの安全関連部 (JIS B9705-1 (ISO 13849-1))
		6. 2. 3 カテゴリと確認	制御システムの安全関連部のカテゴリ 不具合の考慮 妥当性確認			
7. ユーザーへの情報提供	7. 1 提供すべき情報		残留リスクと回避方法		2 関係法令	(5) 機械に関する危険性等の通知の概要
	7. 2 情報提供の方法		注意と警告の方法		4 機械の設計・製造段階のリスクアセスメントとリスク低減	(4) 使用上の情報の作成
					5 機械に関する危険性等の通知	(1) 残留リスクマップ、残留リスク一覧の作成

4. 機械安全教育プログラムに関する検討

4.1 開発部会における議論

開発部会では、機械安全に関して豊富な経験と知見を有する委員により議論をいただき、今回の目的である機械安全教育プログラム作成を検討していくために有効と考えられる多くの事項が指摘された。

4.1.1 第1回開発部会

(1) 教育プログラムの位置付け

- 教育プログラムの構成としては、本部会では製造業全般に共通する部分を中心に開発し、各工業会には、それぞれ専門領域で必要なところを任せるように考えていきたい。
- 生産技術の力ともいえる現場力を活用して、安全の新しい知見を活用した教育プログラムとして欲しい。

(2) 教育プログラムの構成

- 「機械安全、電気安全、制御安全とは何か」を理解してもらえるようにすればよい。
- 教育プログラムは、生産技術者向け、機械技術者向け、電気・制御技術者向けと共通部分とを分けし、部分的に受講できるようにする工夫が必要であると思う。それにより、効率的な受講が可能になる。
- 教育の時間数にとらわれずに、書くべきことは書くようにすべき。その内容の、どこまでを教育するかは、現場や工業会で選択できるようにしたほうがよい。
- 機械設計の安全を担保することについては、企業の規模の大きさに決まる話ではない。中小企業であっても、機械安全の教育を簡略化してよいとは言えない。

(3) 教育方法

- 原理原則を学んだ上で、それを確認するための実習が必要とされる。

- 教育を受けるべき人の所には機械があるはずなので、事前に実機で確認した後に授業を行うという反転授業は有効と考えられる。
- 概略を説明しておいて、それについてリスクアセスメントを実施した結果をベースに議論することは効果的であろう。あるいは、E ラーニングや資料での学習を事前に行い、それを理解してきたことを前提として議論するという方法も考えられる。
- 「1. 技術者倫理」、「2. 関係法令」、「3. 機械の安全原則」は座学がメインになるだろう。「4. リスクアセスメント」では、実際に行ってみることが必要である。ただし、現場に行くことは難しいため、絵、写真、ビデオ等を用いて共通の教育を行っておき、機種別工業会が実施する特定の機械についての教育の基礎となるようにすればよい。
- 日機連が開発した教育プログラムについては、工業会に開放して使ってもらいたいと考えている。工業会特有な部分は、各工業会で作ってもらえばよい。
- 機械の実物を見ることは、必要であると思う。座学と実習の両方がそろわないと面白くない。A 規格、B 規格を中心に考えても、具体的な例はあげられるはず。
- 本来は、まとまった教科書があるべき。自分で予習して、わからなければ教科書に戻れることが必要。ただし、現実には教科書はいろいろと存在しているので、関係する教科書に戻れるような PPT を用意できればよいと思う。

(4) 規格の扱い方

- 設備固有の C 規格は対象外として、様々な工業会が利用可能な、ベースとなるテキストを作ればよい。
- A 規格、B 規格を中心に考えればよい。A、B 規格中心に考えておけば、C 規格に反することはない。
- 規格を理解することは簡単ではない。設計者は、通常は規格を見ることは少ない。顧客から規格への適合を要求されて初めてみるものがほとんどである。
- 規格を全て理解することは難しい。ただし、ある程度の知識を持っていると理解しやすい。規格を読みやすいレベルまで知識を身に付けることが必要とされる。
- 規格前提で安全を教える前に、機械を安全に使えるようにするには、どのような構成(設計)

にするべきか、という原則を教えるべきではないか。その原則を実現するには、参照すべき規格として、このような規格がある、という紹介の方がよい。

- 規格は機械を作るための道具である、ということを、常に念頭において検討すべきだろう。
- ISO 12100 の本質的安全設計方策を、具体的に述べることになると考えられる。
- 「3. 機械の安全原則」(厚生労働省通達)が規格の内容になっているが、ここは工学の話であるので、規格の話ではないはず。
- 規格の内容をそのまま説明するような書き方はやめるべき。規格を利用して、労働者の安全を守ることが目的であることを忘れてはいけない。

(5) 教育プログラムへの期待

- 今回作成する教育プログラムを取り入れることにより、現場でのロスが減少するようなものになりたい。
- 過去の事故や不具合におけるハザードの例がないと、実際にアセスメントを行うのは難しい。ハザードについて、そのメカニズムも含めて、具体的な事例として整理されることが重要である。
- 工業会に関係する機械に起因する労働災害では、巻き込まれ、挟まれが 8 割を占めている。これらの災害を対策することで、労働災害は、かなり減少すると思われる。機械安全の基本の教育として、この面を特に着目して進めて欲しい。

4.1.2 第 2 回開発部会

(1) 教育プログラムの位置付け

- 本部会では、設計技術者向けの教育プログラムを対象としている。

(2) 教育の方法

- 授業の方法としては、事件事例を示して興味を持たせるような工夫が必要とされる。
- 事件事例が最初の方がわかりやすいと思われるが、それは教師の運用の工夫で対応すればよいことかもしれない。

- 社内教育では、最初に安全教育のビデオを見せしている。それによりその後の講義が入りやすくなった。ビジュアルな教材の効果は大きいと思う。
- 基本的には自分で勉強することが主である。そのきっかけを与えることが目的と考えれば、それほど量が多くなくてもよいのではないか。
- 一番良い方法は、予習をした上で授業をすることであるが、それを実施することは難しい、現実的には、キャッチフレーズのようなテーマを事前に与えるとともに、自分で勉強するための資料も提供しておくことが効果的である。

(3) 教育プログラム案について

- 本質的安全設計に関する部分が、2章と6章に分かれている点が気になる。
- リスクアセスメントに関する章の最後には、ドキュメンテーションとして、残留リスクに関する話題を入れておく必要がある。
- 「安全とは何か」というところで、一般的な話として、リスクの考え方とバリデーションの必要性について説明しておくことがよい。
- 「リスクゼロはありえない」という話は、1章に入れればよい。
- 「6. 1危険源の除去」とあるが、除去できない方策もあるので、もう少し広く考えられるようにすべき。除去できないところも多く、その場合は、エネルギー低下の対応をすることになるだろう。

(4) 企業における安全教育

- 設計現場で設計者が直面していることは、「自分たちは、どこまでやればよいのか」ということである。安全対策はコストがかかり性能にも影響する。取説に書くだけでは済まないこともわかる。リスクアセスメントにより判断する必要に迫られるが、そこで問題が発生する。許容可能なリスクを考えた時にわからなくなってしまう。
- 製造部門では、リスクゼロが叩き込まれているので、許容してよいリスクが存在することが理解されておらず、別の問題が存在している。
- 実際の設計者は、取説に注意すべきことを書きさえすれば、どんな危険な機械でも作ってよいと考えている。ただし、その設計を審査する上司は、リスクゼロを求めている。リスクを

適正に判断できる人が非常に少ないという点が問題である。今回の教育プログラムが、その点を解決できるものになって欲しい。

- 実際には、第三者認証を取得する方法が用いられることが多い。ただし、一品一葉の製品だと、それぞれに認証を取得することは難しい。

(5) テキストの内容

- 安全技術の考え方として、確定的なハザードに対応する技術と、ランダムに発生するハザードに対応する技術は異なる。それらを区別して両方を学ぶことが求められる。
- 本質的安全設計として、構造による対策と、信頼性向上による対策と、どちらで対応するかは、明確に分けて考えるべきである。リスクの考え方には、両方の概念が含まれている。それを考えることが本質的安全設計である。
- 性能基準や認証の話については、コラムとして書くと良い。
- 安全基準を設定して、それを満たせば安全と考える、という考え方を示した方がわかりやすいだろう。
- リスクアセスメントに関しては、実例を示すことが必要とされる。
- 今回示された案は、必要とされる項目は含まれており、厚労省のカリキュラムとも対応しており、ここからスタートして検討を進めればよい。章の順番は、再検討する必要がある。
- テキストの作成方法としては、最初にしっかりした教科書を作って、それに基づき、講義用のPPTを作った方が良い。
- 今年度と来年度で教材を作成し、それを使って再来年に試行する計画を検討している。
- 試行として、仮のテキストを使用して、実験的に講義を行うことも必要と考えられる。
- 「中小企業向け」という点については、「わかりやすい」と同じと考えることが、今回の場合、適切である。
- 大企業でも現実的には中小企業の集まりのようなものである。企業の体力の違いはあるかもしれないが、内部で行っていることには、それほど差はないと思われる。

4.1.3 第3回開発部会

(1) 教育プログラム案について

- 「危険源の把握」は、「危険源の同定」とするべき。
- 機能安全については、ISO 13849が含まれているので、機能安全も含まれていると考えられる。
- 伝え続けることの重要性を教えることが必要であると思う。そういう点では、リスクコミュニケーションの観点を含めるべきである。
- 「攻めの安全」の意義を第1章に加えたい。何もしないことが一番良いということでは困る。
- 7.1の「対策方法」については、「回避方法」とするべき。
- 「危険源」と「ハザード」については、「ハザード」に統一する。「危険源については、本書ではハザードと呼ぶ」と注意書きを入れればよいと思う。いずれにしろ、用語の使い方は、作成時に統一することが必要とされる。
- 5.2に、インターロック以外の停止防護装置をリストアップしておくことが必要である。

(2) 規格の位置付けについて

- 用語については、規格ではこうなっているが、他にこういう用語もあるという説明を示した方が、知識の幅が広がってよいと思う。
- 規格が存在することが前提という立場で教育すると、規格に沿ってしか考えられなくなってしまう心配がある。理屈や背景を知らずに規格を使うと、安全の本質を見失うことになりかねない。安全の本質を学んだ後に規格を使うことが理想である。
- 安全を考えるには、エネルギーが何かを理解し、その対策方法を考えることが重要である。

(3) ハザード一覧の示し方

- 機械の安全を理解しない段階で、ハザードの一覧表だけを見てリスクアセスメントを行っても、安全に関する技術は向上しないと思う。
- 規格には、ハザードの一覧表に示されていない機械独自のハザードについても注意するべ

きと書いてあるが、それをどのように対応するかまでは書いていない。

- 統合生産システムで、複数の機械をインテグレートする場合には、新しい危険が登場することとも考慮しなければならない。
- ハザードの一覧表の範囲だけでリスクアセスメントを終わらせないようにするには、機械安全の理屈を知っておく必要がある。
- ISO 12100 をベースとしてハザードの同定の背景にある考え方について書いておく必要があるだろう。
- こうあるべきという安全の姿に対して、現実はどこで手を打つかはリスクマネジメントの話である。それは、企業のトップの判断に任せるしかない。あるべき姿を示して、各社のポリシーに従って対応してもらうしかない。中小企業ならば、ここまででよい、とは言えない。

(4) 本質的安全設計について

- ISO 12100 には、「構造的な安全設計」と「確率的な安全設計」の両方が含まれている。構造的な安全設計は、危害のひどさを低減する方策であり、「本質安全設計」といえる。確率的な安全設計については、危害の発生確率を低下する方策であり、構造的な対策と合わせて「本質的安全設計」という。
- 「本質安全設計」は安全設計思想の中で最も重視すべき概念であり、設計者は、第一に本質安全に基づく安全性確保を試みなければならない。
- 本質安全と本質的安全についての説明は、安全専門の学生にとっては興味深いが、今回のテキストに含むべきかどうかは、判断が難しいところだと思う。
- 興味深い話題であるが、中小企業の現場においては、必要ないと思う。機械に起因する労働災害削減につながるカリキュラムに絞るべきだと思う。
- 規格ベースで話をした方が、実行性は上がるだろう。ただし、その背景を書きおくことも、理解を深めるためには有効である。
- 事件事例に基づき、全ての内容を説明することはできない。実際に発生した事故の詳細を知ることは難しい。機械安全の規格の内容を知らない人に知ってもらうこと、また知っている人にはレベルアップしてもらうことが、今回の狙いである。

- ISO 12100 は奥が深い。思想を知らなければ、規格を読んでも理解できない。

(5) テキストの構成

- 重要と考えられる話題は、付録に示しておけばよい。さらに詳細を知りたい人向けには、参考資料を紹介すればよい。
- 基本的には規格ベースで構成し、規格の背景については、付録に示すことにする。目からうろこが落ちるような話題は、コラムに示すことにする。

(6) 教育プログラム構築の意義

- 安全基準を満たすことは最低の基準であり、その基準を上げる努力をすべきである。自ら安全度を下げるような機械メーカーがあってはならない。
- 設計者は、安全だけでなく、コストも性能も考えなければならない。設計者は、何をどこまでやればよいのか、ということに悩んでいる。事故事例を見ても、自分には関係ない、と思う設計者が多い。そもそも機械安全の設計はどうあるべきか、明日からどのように行動すべきか、という点が示されていないと、行動の変化に結びつかないと思う。原理原則は大切である。それが理解できていないと、応用がきかない。
- 日本的な考え方が含まれていることに意味があると思う。将来的に、リスクアセッサ制度等は東南アジアへの普及が検討されているが、日本的な考え方が入っていることに意味がある。

(7) 設計技術者へのヒアリング調査

- 平成 26 年 4 月に厚生労働省より、基安発 0415 第 3 号「設計技術者向け機械安全教育カリキュラム」が通達として送られたことを受け、対象となる設計技術者に対してヒアリング調査を実施した結果の概要を下記に記す。

A 社の設計担当者へのヒアリング調査の結果について

実施日時:平成 27 年 2 月 19 日(木)

対象者:製造業の設計担当者等

○製品安全(機械安全)教育について

調査対象企業の社内における安全対策等の教育については、社内に規格スタンダード委

員会を設けて若手社員(入社6～7年まで)教育を含む社内安全活動を実施している。その活動の中心となっているのは、セーフティアセッサ資格を有する品質管理部門所属の一人のエンジニアである。

まず、はじめに各部署の関係者にご参集いただき、意見を伺った。

○続いて、フリーディスカッション形式で意見交換を行い、厚生労働省通達である基安発 0415 第 3 号「設計技術者向け機械安全教育カリキュラム」の内容などに関し、意見を伺った

1. A 社の製品安全教育の取り組みについて(教育担当者からヒアリング)

- (1) IEC60204, ISO13849, SEMI, CCC 認証について、外部講師を招聘し教育を行っている。
- (2) 製品安全、国際安全規格体系、リスクアセスメントについては、対象者を設計業務経験 6 年から 7 年の者に対して演習形式で 1 コマ 90 分の演習を今期から始める。
- (3) 教育業務責任者が取り仕切り、教育内容をまとめているが、対象者を決定(明確化)しないと、一般論で終わってしまう。
- (4) 機械安全教育カリキュラムの実施に際しては、テキストを用いた座学形式だけでなく、実際の機械を用いた実習も必要。
- (5) 厚生労働省通達である基安発 0415 第 3 号「設計技術者向け機械安全教育カリキュラム」について、通達自体は承知しているが機械設計担当者のカリキュラムから制御安全が免除されているが、なぜなのか理解できない。

Q. 受講者の理解度の確認はいかに実施するのか？

A. レポートを書いてもらい、理解度を確認している。また、履歴を取っていくようにする(例えば、ISO マネジメントシステムの教育訓練台帳などで管理)。

2 制御設計担当者からの意見など

- (1) 製品安全については、制御機器メーカーで出されている冊子や安全機器セミナーなどを活用し、独学で学んできた。
- (2) 利用可能な教科書・冊子など、言葉で説明されているものが多い。具体的な事例などがあると理解しやすい。言葉だけだと、鵜呑みにして過剰なスペックになったりする。
- (3) 安全規格は表現が難しく理解するのに時間がかかる。実例が必要。サンプルが多くあるほうが良い。利用しやすい。
- (4) 教科書のようなものがあつた方がよい(体系的に集中して、効率的に学ぶため)。これまで、OJT で学んできた部分が多いが、教える方のレベルがまちまいだと解釈と理解に差が出て問題となる。

3. ロボットソフトウェア設計担当者からの意見など

- (1) 制御機器メーカー (IDEC etc) で出されている資料などが参考になる。
- (2) 厚生労働省の通達の内容は、時間設定が多すぎる。10 時間 + α くらいでないと参加できない。

4. 製造関係者からの意見など

- (1) アメリカ向けの製品を製造しているが、UL の規制が厳しい。ここを少しでも容易にできないかをまず第一に考えており (実務で多くの時間がとられてしまう)、教育にまで時間がかからないのが実情。
- (2) EN, ISO, IEC ばかりでなく、アメリカ向け、特に UL 規格にも焦点を当ててほしい。例えば、規格が日本語になっているだけでも助かる。

5. PLC ソフト、タッチパネルなどの設計開発関係者からの意見など

- (1) OJT でやってきたが、体系的な教育の必要性は感じる。
- (2) 教育をする場合、社員のレベルに合わせて実施する必要がある。新入社員でも知っておかなければならないことと、設計の実務者が知っておかなければならないことに分ける必要がある。
- (3) 費用、責任、認証などのせめぎ合いがあるので、安全対策に費用を掛ける + 教育にも費用を掛けるということに対して、いかに折り合いをつけるか。しかし、企業倫理という問題もあるので、教育を受ける / 授けるにしても技術者としては絞り込んで考える必要がある。

6. その他関係者からの意見など

- (1) 文書だけではなく、図などの事例があったほうが理解がしやすい。

7. 要望など

- (1) FAQ のようなものがあつたほうがよい。法律の話、訴訟の話など。
- (2) 新しい情報について、発信されるものがほしい。
- (3) 規格を全部読むことはできない。規格の要点をまとめて、チェックできるものがあれば良い。
また、わかりにくい要求もあるので、要点をまとめたようなものを作ってほしい。

8. その他、意見など

- (1) 安全対策について

- ・危険源の隔離からやる。基本は安全柵で囲う対策を実施している。
 - ・制御屋が安全を進めて、機械側は柵などで対応している。
- (2) SEMI－S8 の要求が客先から出されている。要求が厳しくなっている。特に、回路上は安全要求が厳しくなっている。
- (3) 以前と比較すると、安全に関しては丸投げが多い(新興国)。ターンキーが要求される。
- (4) 客先仕様はあるが、詳細は示されないので受注側で考える。
- (5) 隔離の原則が使えればよいが、どうしても柵内等に入らなければならない場合などがある。
ガスや溶剤などを使う設備では停止の原則だけではだめ。
- (6) ガード等については、教育プログラムがありまとめられている。ISO14120, ISO13857 等。

5.検討成果

開発部会で、機械安全教育プログラム作成について検討を進めた成果として、以下の 3 つの点が上げられる。

- (1) 機械安全教育プログラム平成 26 年度案をまとめることができた。
- (2) 機械安全教育プログラムのあり方および内容について議論することができた。
- (3) 次年度に向けて課題を明確にすることができた。

6.今後の検討課題

今年度の検討成果を踏まえて、次年度において目標に向けて検討すべき課題を以下に示す。

今後の検討課題

- 機械安全教育プログラムの作成
 - 今年度検討した教育プログラム案に基づき、開発部会で担当を決め、教育に使用するテキストを作成する。
- 機械安全教育プログラム検証計画の検討
 - 開発部会で作成した機械安全教育プログラムとテキストに基づき授業を実施し、その効果を検証する計画について検討する。

おわりに

機械安全国際標準にも示される機械安全に対する基本的考え方は、ヨーロッパやアメリカだけではなく、日本を除くアジア諸国にも浸透してきており、国際的な共通概念となってきた。

我が国の産業界では、従来は機械で安全を守るという考え方が薄かったため、現状でも機械安全国際標準の考え方は十分に浸透しているとは言えず、欧米に比べて機械の安全性に関しては低いレベルにあると言わざるを得ない。しかし、我が国製造業の作業安全のレベルは高く労働安全とともに生産設備の安全性を確保することで、事故防止のみならず品質維持など多くのメリットに繋がると考えられる。

本事業は、生産設備や機械を設計する技術者の安全知識等の習得や向上のための教育プログラムと教育教材の作成を実施し、これにより生産設備の安全性を確保しようとするものである。

本年度は、作成すべき教育プログラムの内容を厚生労働省の通達のカリキュラムに則り、設計技術者が分かり易くかつ活用し易いものになるように整理を行った。

次年度においては、このプログラムに基づいた教育教材の作成を実施することになる。

本事業の実施に際し設置した「中小製造業向け機械安全教育プログラムの開発部会」の主査、副主査、幹事並びに委員の方々に深く感謝するとともに、今後の活動につきましても同様のご協力をお願いする次第です。

参考資料

ISO/IEC ガイド 51 と ISO12100

本事業で作成する教材の参考例として、掲載したものであり、最終的な内容と形式はこの参考資料とは異なる。

ISO/IECガイド51とISO12100

学習のねらい

- 1 国際安全規格の体系の理解とそのメリットを知る。
- 2 国際安全規格で規定されるリスクアセスメントとリスク低減方策の概要を理解する。
- 3 国際安全規格でいう“安全”の考え方を理解する。
- 4 リスクアセスメントの全体概要とリスクアセスメントを構成する各要素の要点を理解する。

目 次①

- 1 国際的な安全規格の体系－ISO/IECガイド51
 - －国際規格の三層構造
 - －国際規格の三層構造－機械安全分野のA,B規格
 - －三層構造のメリット
 - －国際規格におけるリスク低減の方法論
- 2 国際安全規格における安全の概念－安全とは
 - －リスクとは
 - －危害とは
 - －危険源とは
 - －危害発生のプロセス

3

目 次②

- 3 リスクアセスメント－リスクアセスメントとは
 - －リスクアセスメントの手順
 - －意図する使用と合理的に予見可能な誤使用
 - －機械類の制限の決定
 - －危険源の同定
 - －リスクの見積もり
 - －リスク見積もりツール－リスクマトリックスの例
 - －リスク見積もりツール－リスクグラフの例
 - －リスク見積もりツール－ハイブリットの例
 - －リスク評価と許容可能なリスク
 - －ALARPの原則
 - －リスク/リスク アセスメントを考える際の注意
 - －リスクアセスメントのメリット
- トピックス－“安全”という用語の使用

4

1 国際的な安全規格の体系－ISO/IECガイド51

ISO/IECガイド51:

- ・名称:安全側面－規格への導入指針
- ・作成機関:ISO/IEC両機関で共同開発
- ・発行年:第1版:1990年、第2版:1999年
- ・規定内容:
 - －規格の階層構造化
 - －リスク低減の方法論
 - －安全はリスクを経由して定義される
 - －リスクアセスメントの実施要求

* ISO/IECガイド51は、第3版準備のため現在改定作業中。

章	ISO/IECガイド51目次
1章	適用範囲
2章	引用規格
3章	用語及び定義
4章	“安全”及び“安全な”という用語の使用
5章	安全という概念
6章	許容可能なリスクの達成
7章	規格における安全側面
	参考文献

5

1 国際的な安全規格の体系－国際規格の三層構造①

基本安全規格(タイプA規格):

広範囲の製品、プロセス及びサービスに対して適用する一般的な安全側面に関する基本概念、原則及び要求事項を含む規格。

グループ安全規格(タイプB規格):

一つ又は複数の委員会が取り扱う幾つかの又は一群の類似の製品、プロセス及びサービスに適用できる安全側面を含む規格。できる限り基本安全規格と関連させることが望ましい。

製品安全規格(タイプC規格):

一つの委員会がその業務範囲内で取り扱う特定の又は一群の製品、プロセス若しくはサービスの安全側面を含む規格。できる限り、基本安全規格及びグループ安全規格と関連させることが望ましい。



ISO/IECガイド51に基づく

6

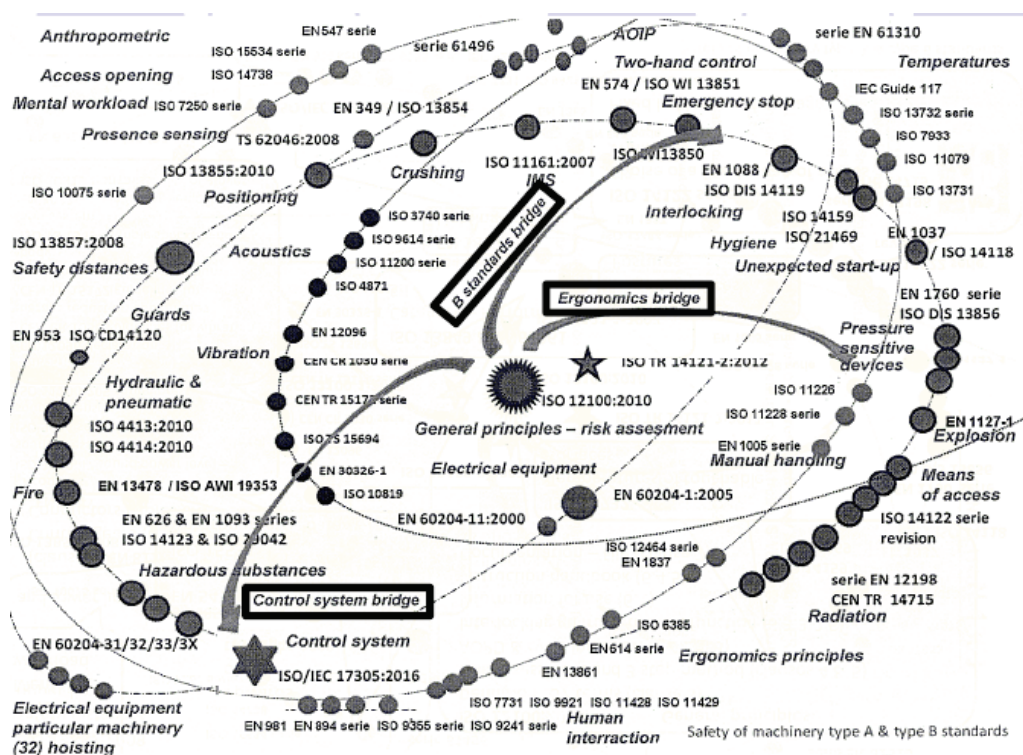
1 国際的な安全規格の体系－国際規格の三層構造②

規格の種類	ISO規格	IEC規格
基本安全規格 (タイプA規格)	・ISO12100 ・ISO/TR14121-2	—
グループ安全規格 (タイプB規格)	・ISO13849 ・ISO13850 ・ISO13857 ・ISO14119 ・ISO14120 ・ISO13856 - など	・IEC60204-1 ・IEC61496-1 ・IEC61310-1 ・IEC62046 ・IEC62061 - など
製品安全規格 (タイプC規格)	個別分野の規格	個別分野の規格

適用 範囲 の広さ

7

1 国際的な安全規格の体系－三層構造③



8

1 国際的な安全規格の体系－三層構造のメリット

① 全体の整合性、統一性を持たせることが出来る

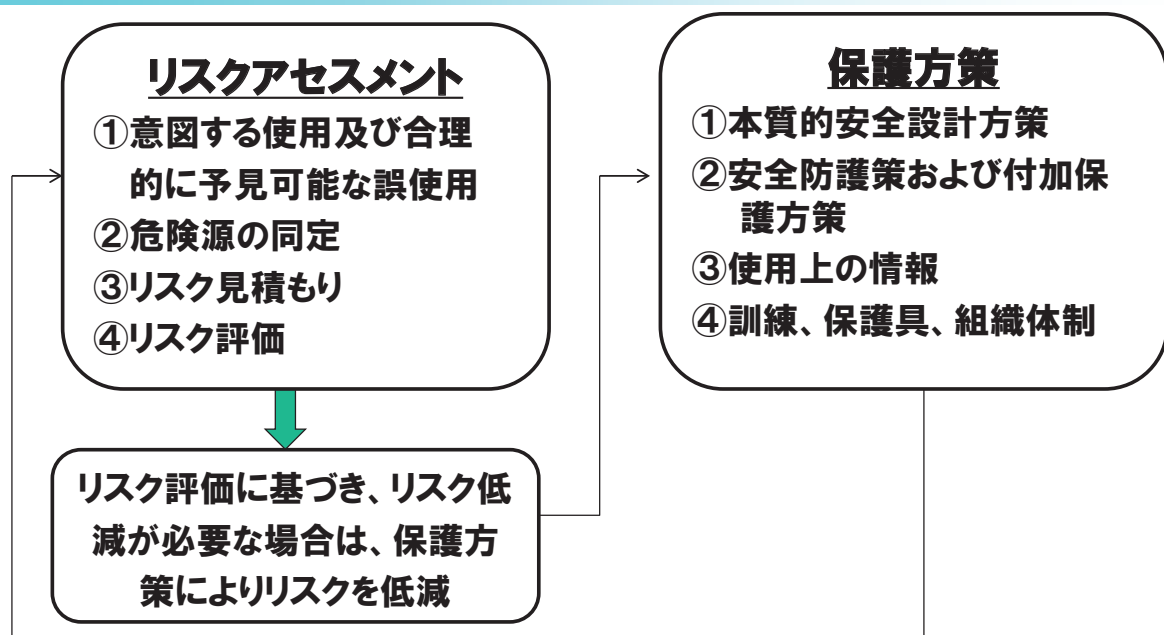
② すべての機械の安全を対象に出来る。

③ 新しい機械も対象に出来る

④ 新しい安全技術を取り込むことが出来る

9

1 国際的な安全規格の体系－リスク低減の方法論①

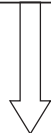


ISO/IECガイド51に基づく

10

1 国際的な安全規格の体系ーリスク低減の方法論②

設計	本質的安全設計
	安全防護策及び付加保護方策
	使用上の情報



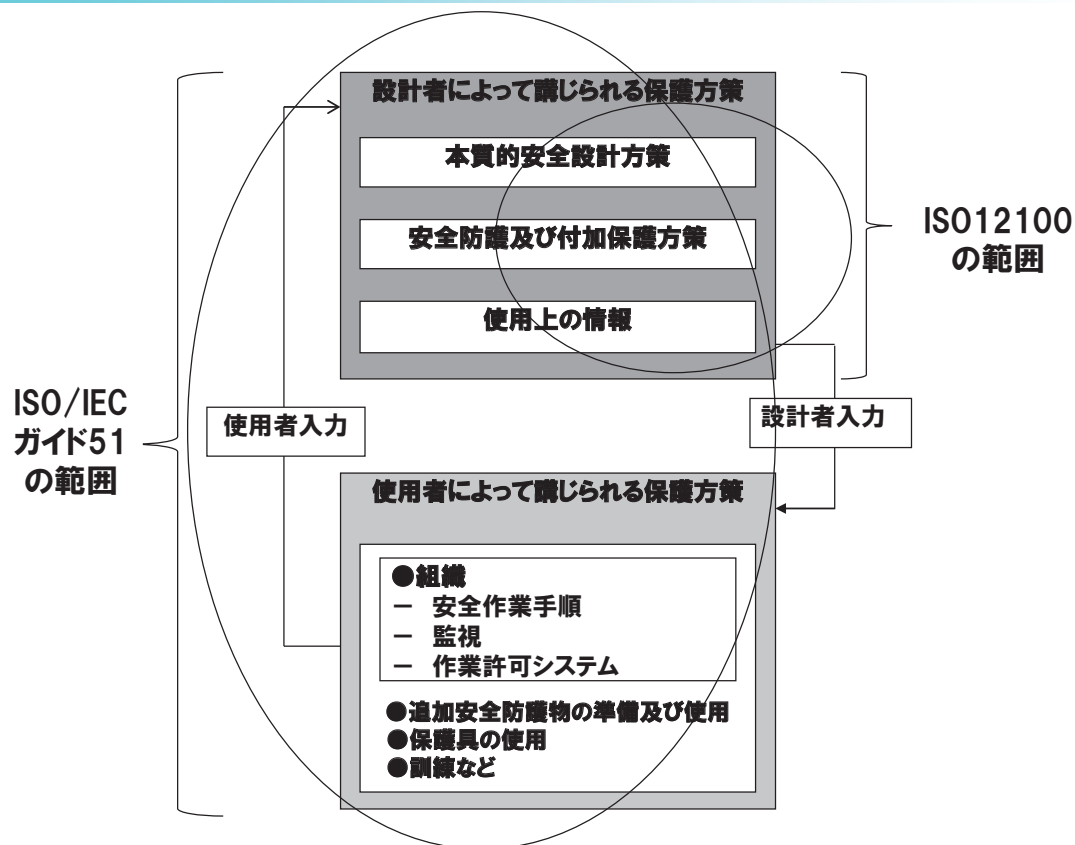
使用	追加保護装置
	訓練
	保護具
	組織

優先順位

・リスク低減方策の優先順位
 ー上位にある方策を省略して、下位の方策を講じてはならない。
 ー方策の適用はリスクアセスメントに基づく。

11

1 国際的な安全規格の体系ーリスク低減の方法論③



12

2 国際安全規格における安全の概念－安全とは

・ISO/IEC ガイド51:1999定義

安全(Safety):

受け入れ不可能なリスクから開放されていること(Freedom from unacceptable risk)



「安全」は、リスクを経由して定義される。



13

2 国際安全規格における安全の概念－リスクとは

・ISO/IECガイド51:1999定義

リスク (risk):

危害の発生確率及びその危害の程度の組合せ。

$$R = P \cdot S = f(P, S)$$

・リスク関連用語

- －リスク分析 (risk analysis): 利用可能な情報を体系的に用いて危険源を特定し、リスクを見積もること。
- －リスクの評価 (risk evaluation): リスク分析に基づき、許容可能なリスクに到達したかどうかを判定する過程。
- －リスクアセスメント (risk assessment): リスク分析及びリスクの評価からなるすべてのプロセス。
- －

14

2 国際安全規格における安全の概念－危害とは

ISO/IECガイド51:1999定義

危害 (harm) :

人の受ける身体的傷害若しくは健康傷害, 又は財産若しくは環境の受ける害。

- 人体の受ける物理的傷害:
腕、脚、全身などが受ける傷害(切断、突き刺し、など)
- 健康障害:
中毒、呼吸困難、など
- 財産若しくは環境の受ける害:
情報, 組織, 社会, など

15

2 国際安全規格における安全の概念－危険源とは

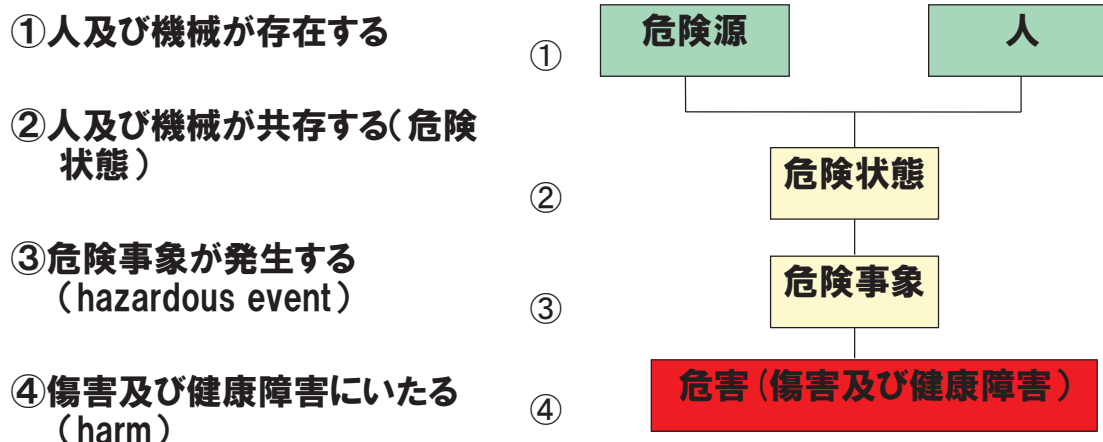
• **危険源(Hazard):** 危害を引き起こす潜在的根源。

- ① 機械的危険源: 押しつぶし、せん断、切傷又は切断衝撃など
- ② 電氣的危険源: 充電部に接触、静電現象など
- ③ 熱的危険源: 熱源からの放射による火傷, 熱傷など
- ④ 騒音による危険源: 聴力喪失、平衡感覚の喪失, 意識の喪失
- ⑤ 振動による危険源: 神経及び血管障害を起こす手持機械の使用など
- ⑥ 放射線の危険源: 低周波, 赤外線, X線/γ線, レーザなど
- ⑦ 材料、物質の危険源: 有害な液体, 煙, 粉塵との接触又は吸入など
- ⑧ 人間工学の無視による危険源: 不自然な姿勢、精神的過負荷, ストレス、ヒューマンエラーなど
- ⑨ すべり, つまづき及び墜落の危険源: 床面及び接近手段の軽視
- ⑩ 危険源の組合せ: 各種危険源の組合せ
- ⑪ 機械が使用される環境に関する危険源: 温度、風、雪、落雷などを生じ得る環境条件

16

2 国際安全規格における安全の概念

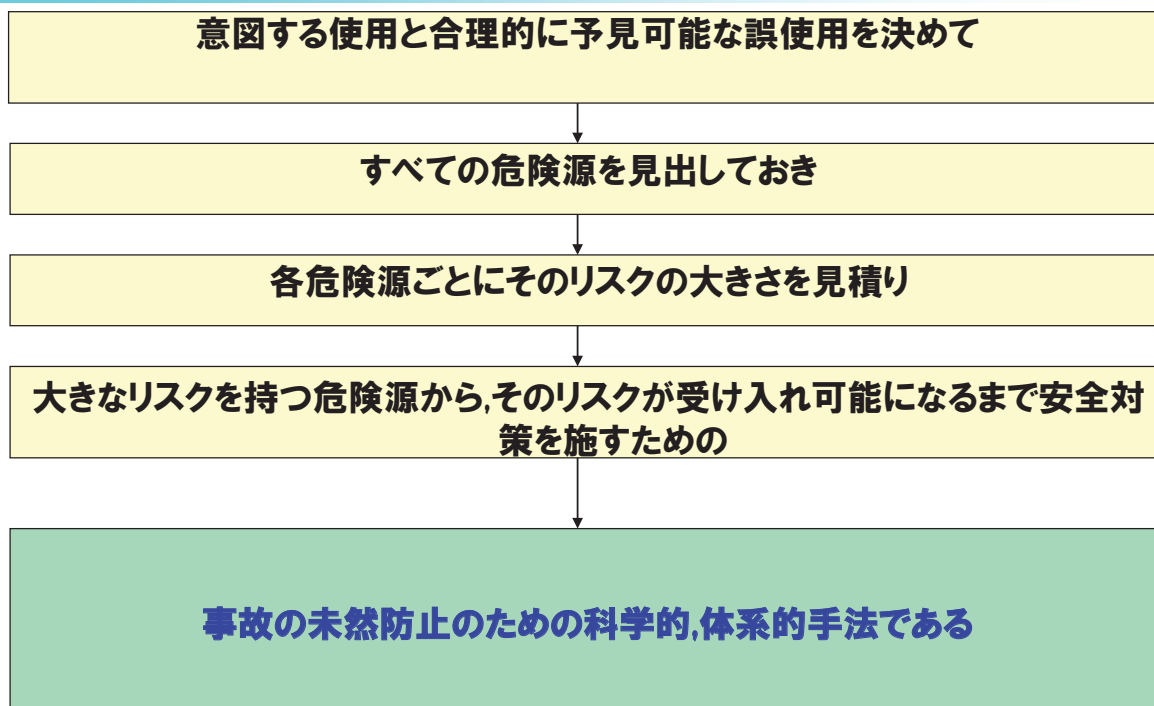
－危害発生のプロセス



* 注 上図は、危害発生のプロセスを簡略化したもの。

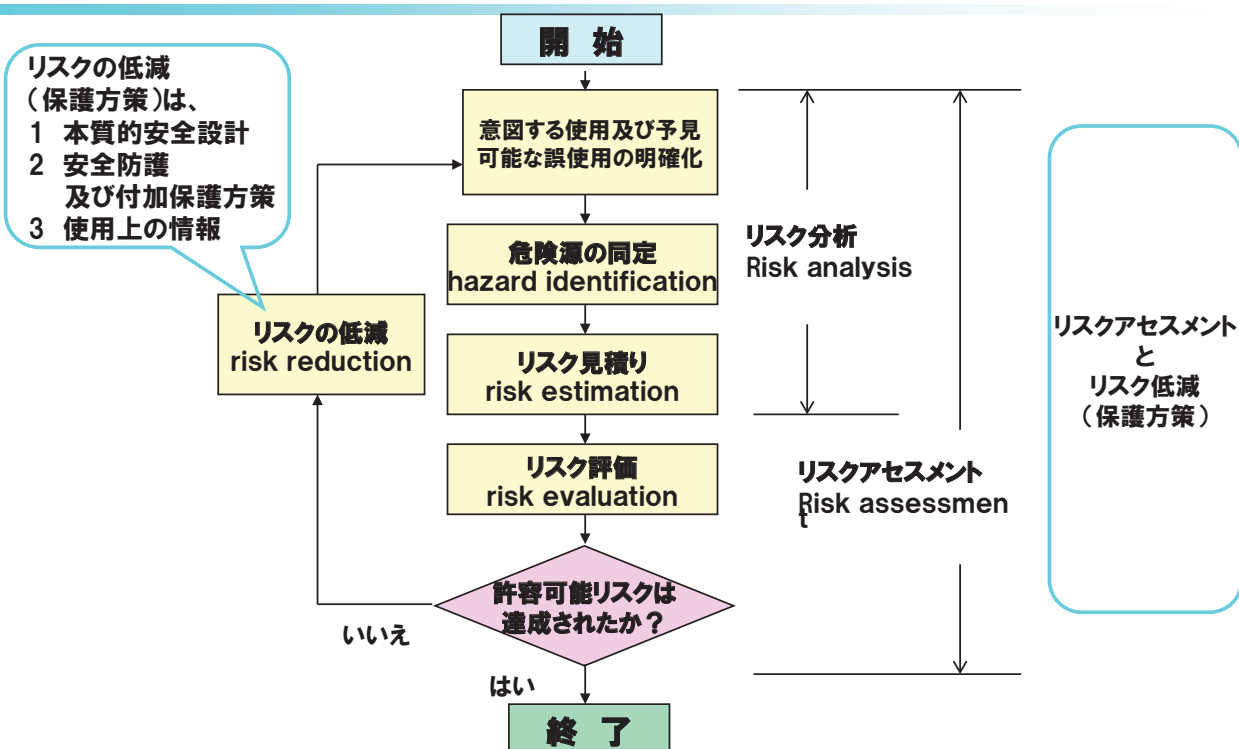
17

3 リスクアセスメントーリスクアセスメントとは



18

3 リスクアセスメントーリスクアセスメントの手順



19

3 リスクアセスメントー意図する使用と合理的に予見可能な誤使用

・機械の“意図する使用”:

使用上の指示事項の中に提供された情報に基づく機械の使用。

・合理的に予見可能な誤使用:

設計者が意図していない使用法で、容易に予測できる人間の挙動から生じる機械の使用。

機械安全分野/ISO12100では「機械類の制限」を明確にすること

・機械類の制限:

ー使用上の制限:

機械の“意図する使用”、合理的に予見可能な機械の誤使用。

ー空間上の制限:

動作範囲、機械の設置及び保全に対する空間上の要求事項, “オペレーター機械”間及び“機械ー動力供給”間のインタフェース

ー時間上の制限:

機械及び/又はいくつかの構成部品(例えば、工具、消耗品、電気的構成部品)の予見可能な“寿命上の制限”

20

3 リスクアセスメントー機械類の制限の決定②

1. 機械の名称(型式)	
2. 使用用途と目的	
3. 製品仕様	①耐用年数 ②想定稼働時間 ③機械の質量 ④機械の大きさ ⑤使用エネルギー ⑥加工対象物 ⑦加工能力 etc
4. 使用条件	①設置・使用環境(温度、湿度etc) ②運転モード、段取り、保守、廃棄etc
5. 機械の構造	①可動部の作動範囲 ②機械の据付・保守等に必要な空間条件 etc
6. 作業者	①資格、経験、力量、体格etc ②年齢、性別etc
7. 周囲環境	①騒音 ②振動 ③アレルギー

21

3 リスクアセスメントー危険源の同定①

・危険源とは、危害を生じる可能性のある原因(p16も参照)

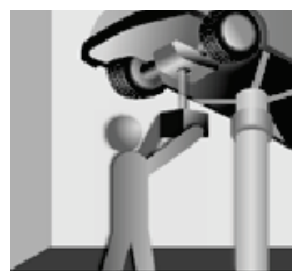
・機械的危険源

- ・可動要素との接触
 - ー押しつぶし
 - ー衝撃



・熱的危険源

- ・極端な温度の物体又は材料との接触
 - ーやけど



・電氣的危険源

- ・充電部に触れる
 - ー感電



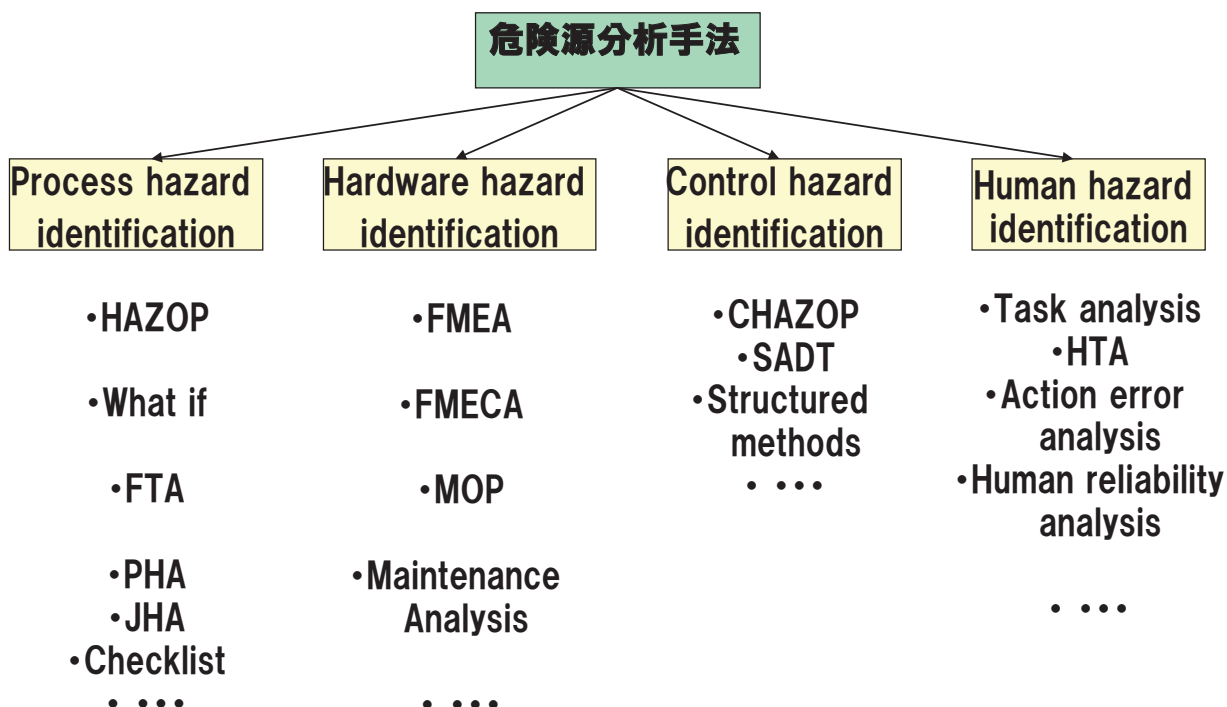
・振動による危険源

- ・振動する装置
 - ー骨関節障害
 - ー血管障害



22

3 リスクアセスメントー危険源の同定②

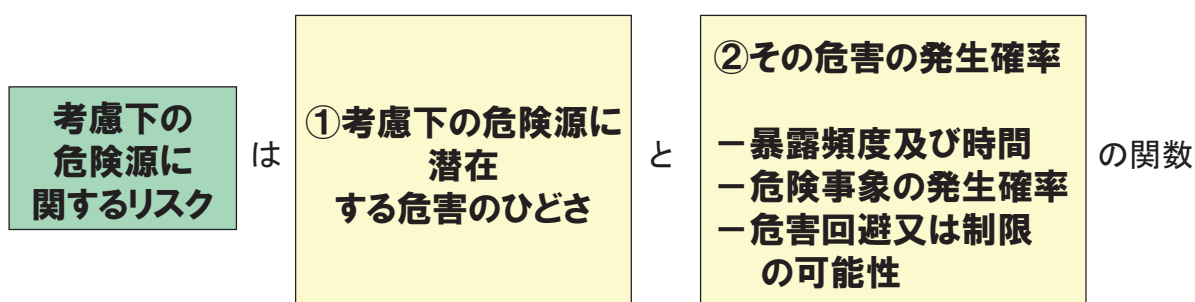


23

3 リスクアセスメントーリスクの見積もり①

・リスク見積り (Risk estimation):

起こり得る危害のひどさとその発生確率を明確にすること。



- ・ 危険源に潜在する危害のひどさ:
ある危険源が顕在化したときに、人が被る危害の程度(例えば、一人死亡か、複数人の死亡か、腕や手がなくなる、脚が動かなくなる、又はかすり傷程度で済むものなのかなど)。
- ・ 危害の発生確率:
危害の起こる頻度(例えば、危害は100年に1回おこるのか、10年に1回起こるのかなど)。

24

3 リスクアセスメントーリスクの見積もり②

危害のひどさ及び発生確率並びにその要件

	考慮すべき要件
(1) 考慮下の危険源に潜在する危害のひどさ	①保護対象の性質(人, 財産, 環境), ②傷害または健康障害のひどさ(軽い, 重い, 死亡), ③危害の範囲(個別機械の場合, 一人, 複数)
	考慮すべき要件
(2) 危害の発生確率	
ー危険源にさらされる頻度及び時間	①危険区域への接近の必要性, ②接近の性質, ③危険区域内での経過時間, ④接近者の数, ⑤接近の頻度
ー危険事象の発生確率	①信頼性及び他の統計データ, ②事故履歴 ③健康障害履歴, ④リスク比較
ー危害回避又は制限の可能性	①誰が機械を運転するか, ②危険事象の発生速度 ③リスクの認知, ④危害回避又は制限の人的可能性 ⑤実際の体験及び知識による

25

3 リスクアセスメントーリスク見積もりツールーリスクマトリクスの例①

危害のひどさのクラスと危害の発生確率のクラスを組み合わせたテーブルである。

それぞれ選択されるクラスの欄と列の交差に一致するセルの内容は同定される危険状態に対して見積もったリスクを示す。

<リスクマトリクスの特徴>

危険源に対するリスクレベルを導き出す為の容易で迅速な手法である。

◆習得するにも使用するにも簡単で早い。

◆手法の性質が主観的であるがゆえに正確性又は再現性に欠ける。

◆機械・設備に精通した人が使用する必要がある。

26

3 リスクアセスメントーリスク見積もりツールーリスクマトリクス of 例②

使用者 ／ タスク	危険源	最初のリスクアセスメント		リスク低減方法	残留リスクの査定		状態
		危害のひ どさ／ 発生確率	リスク レベル		危害のひ どさ／ 発生確率	リスク レベル	
		危害のひどさ					
危害の発生確率		Catastrophic(死亡又は恒久的な不可逆性傷害又は疾病)	Serious(深刻な傷害又は疾病)	Moderate(応急処置以上を必要とする重大な傷害又は疾病)	Minor(応急処置以上のことを必要としない傷害又は軽微な傷害)		
Very likely(発生が確実に近い)		High(高)	High(高)	High(高)	Medium(中)		
Likely(起こり得る)		High(高)	High(高)	Medium(中)	Low(低)		
Unlikely(起こり得ない)		Medium(中)	Medium(中)	Low(低)	Negligible(無視可能)		
Remote(ゼロに近く起こり得ない)		Low(低)	Low(低)	Negligible(無視可能)	Negligible(無視可能)		

27

3 リスクアセスメントーリスク見積もりツールーリスクマトリクス of 例②

使用者／ タスク	危険源	最初のリスクアセスメント		リスク低減方法	残留リスクの査定		状態
		ひどさ／ 確率	リスク レベル		ひどさ／ 確率	リスク レベル	
	機械的:回転するのこ刃による切断／切り裂き	Catastrophic/ likely	高	固定式エンクロージャ／バリア	Catastrophic/ remote	低	完了
	機械的:材木の破片	Minor/ very likely	中	グローブ	Minor/unlikely	無視可能	完了
	機械的:飛	Moderate /			Moderate /r		
		危害のひどさ					
危害の発生確率		Catastrophic(死亡又は恒久的な不可逆性傷害又は疾病)	Serious(深刻な傷害又は疾病)	Moderate(応急処置以上を必要とする重大な傷害又は疾病)	Minor(応急処置以上のことを必要としない傷害又は軽微な傷害)		
Very likely(発生が確実に近い)		高 (High)	高 (High)	高 (High)	中 (Medium)		
Likely(起こり得る)		高 (High)	高 (High)	中 (Medium)	低 (Low)		
Unlikely(起こり得ない)		中 (Medium)	中 (Medium)	低 (Low)	無視可能 (Negligible)		
Remote(ゼロに近く起こり得ない)		低 (Low)	低 (Low)	無視可能 (Negligible)	無視可能 (Negligible)		

28

3 リスクアセスメントーリスク見積もりツールーリスクグラフの例①

危害のひどさ及び危害の可能性に関するパラメーターについて
そのクラスをツリー状に階層化させてリスクレベルまたはリスク
インデクスを導き出す手法

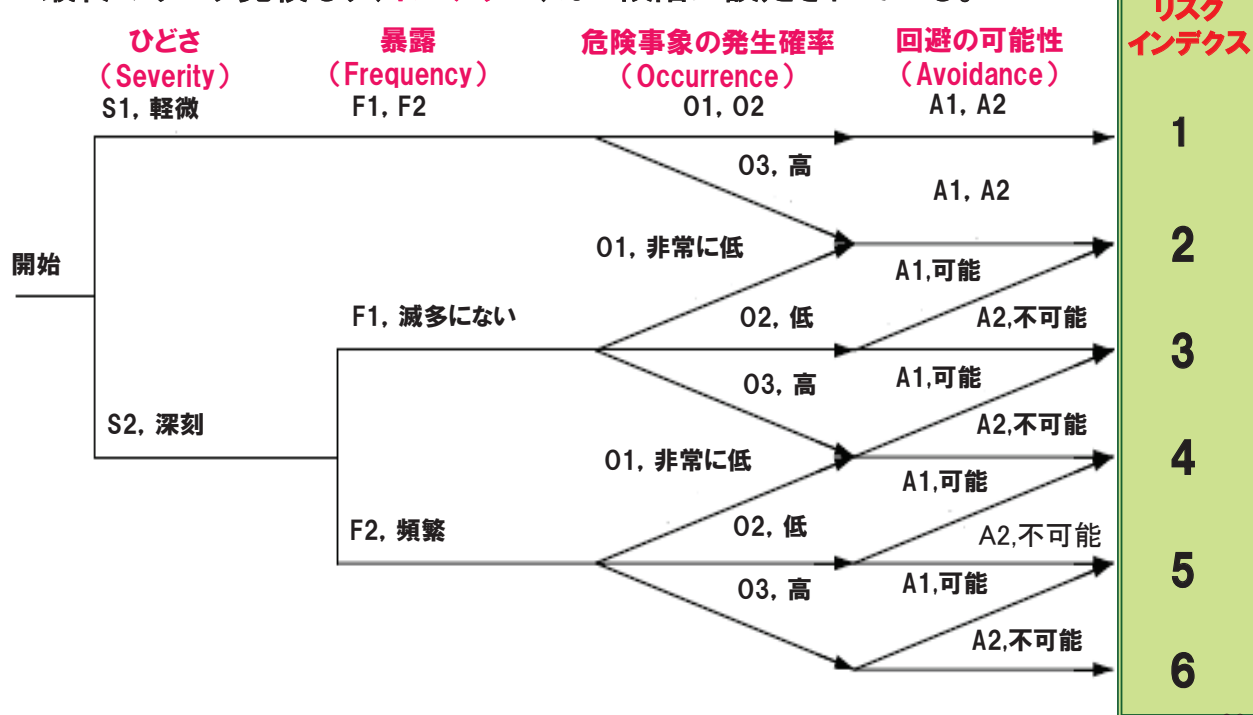
<リスクグラフの特徴>

- ◆保護方策によるリスク低減量を示すのに有益である。
- ◆ひとつのパラメーターに対する分岐(クラス)が二つ以上ある場合は
非常に厄介で散漫なものになる。

29

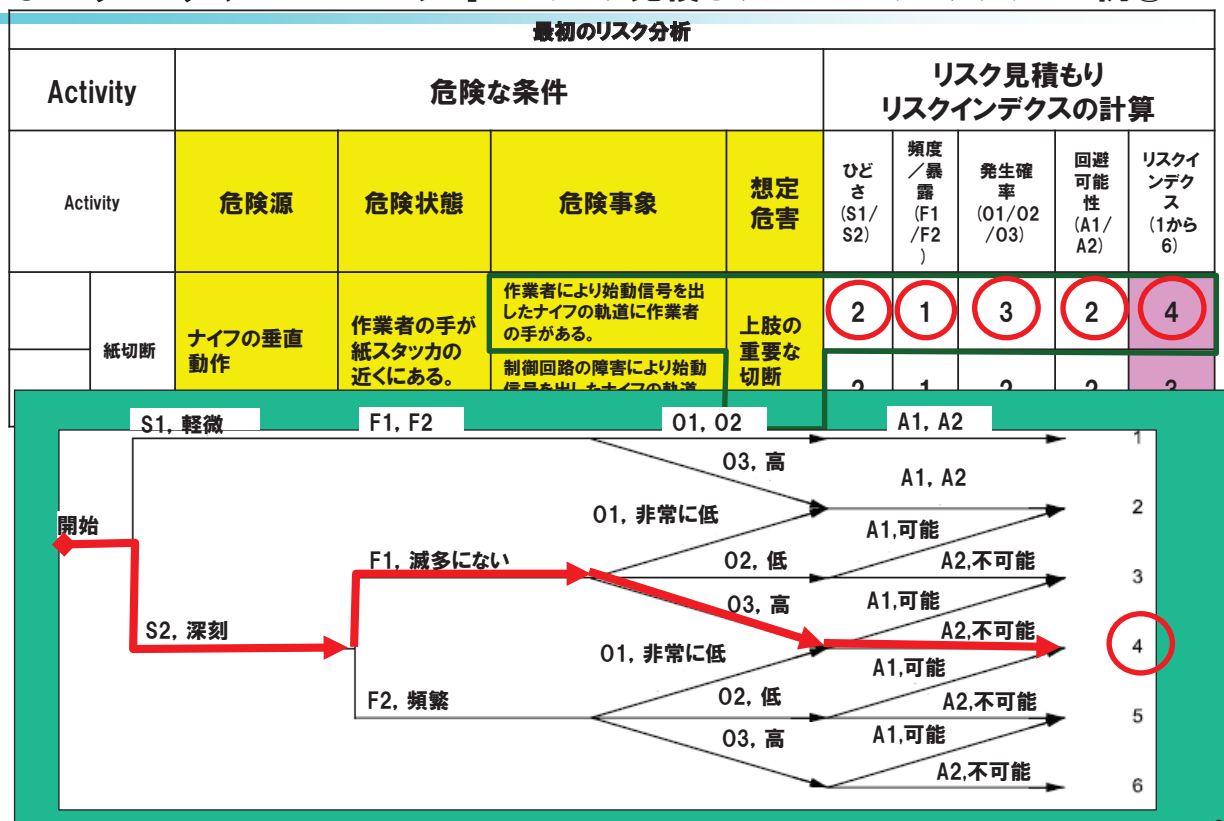
3 リスクアセスメントーリスク見積もりツールーリスクグラフの例②

パラメーター4項目に対して2～3のクラス(分岐)が設定されている。
最終のリスク見積もり(インデクス)は6段階に設定されている。



30

3 リスクアセスメントーリスク見積もりツールーリスクグラフの例④



31

3 リスクアセスメントーリスク見積もりツールーリスクグラフの例③

S	S1	軽微な傷害(通常は回復可能), 例えば, こすり傷, 裂傷, 挫傷, 応急処置を要する軽い傷
	S2	深刻な障害(通常は回復不可能。致命傷を含む), 例えば, 肢の粉碎又は引き裂かれる若しくは押しつぶされる, 骨折, 縫合を必要とする深刻な傷害, 筋骨格障害(MST), 致命傷
F	F1	作業シフト(サイクル)あたり2回以下又は15分以下の暴露
	F2	作業シフト(サイクル)あたり2回超又は15分超の暴露
		*暴露頻度については、主に「機械的危険源」を対象としている
A	A1	いくつかの条件下で可能 — 可動部分が0.25m/s以下の速度で動く場合, 及び被暴露者がリスクに気づいており, また危険状態又は危険事象が迫っていることを認識している。 — 特定の条件による(温度, 騒音, 人間工学等)
	A2	不可能
O	O1	安全分野で証明され, 承認されている成熟した技術(ISO13849-2:2003参照)
	O2	過去2年間で見られる技術的故障 — リスクに気づき, また作業場で6ヶ月以上の経験を持つ十分に訓練を受けた人による不適切な挙動(人に依存する場合) — 過去10年以上発生していない類似の事故(類似事故の有無の場合)
	O3	定期的に見られる技術的な故障(6ヶ月以下) — 作業場で6ヶ月未満の経験を持つ十分に訓練を受けていない人による不適切な挙動(人に依存する場合) — 過去10年間に工場で見られた類似の事故(類似事故の有無の場合)

32

3 リスクアセスメントーリスク見積もりツールーハイブリッドの例①

このリスクアセスメントは、定性的パラメータを定量化するものであり、**スコアリングとマトリクスを組み合わせた手法である。**

<ハイブリッドツールの特徴>

- ◆スコアリングとマトリクスの特徴を兼ね備える
- ◆スコアリングで評価するパラメーターについては重み付けがはっきりする
- ◆マトリクス部の選択には経験や知識を要する
- ◆マトリクスよりは客観性があり、再現性が得られやすい

33

3 リスクアセスメントーリスク見積もりツールーハイブリッドの例

危害のひどさ(Se)は4つのクラスに分類される。

可能性(CI)は「頻度」「確率」「回避」のスコアの合計とし、合計点数によって5つのクラスに分類される。「ひどさ」と「可能性」のマトリクスからリスクを見積もる。

結果	ひどさ Se	クラスCI(Fr+Pr+Av)					頻度 Fr	確率 Pr	回避 Av
		3-4	5-7	8-10	11-13	14-15			
死亡、目又は腕の喪失	4						$h \leq 1H$ 5	Very high 5	
恒久的傷害、指の喪失	3						$1H < h \leq 24H$ 5	Likely 4	
可逆性傷害、医療上の注意	2						$24H < h \leq 2W$ 4	Possible 3	Impossible 5
可逆性傷害、応急処置	1						$2W < h \leq 1y$ 3	Rarely 2	Possible 3
							$1y < h$ 2	Negligible 1	Likely 1

黒部分は、無条件で安全方策が要求される 灰色部分は、安全方策が推奨される。

34

3 リスクアセスメントーリスク見積りツールーハイブリッドの例

リスクアセスメント及び保護方策		
製品	包装機械	
発行者	<名前>	
日付	2013-9-19	

No	危険源	Se	Fr	Pr	Av	CI	保護方策	適切な安全性
1	充電部からの電撃							Yes
2	指の押しつぶし	3	4	2	3	9	インタロックガード	
3	可動部分と指との間の指	2	3	2	2	9	インタロックガード	

危害のひどさSeが③

CI=Fr+Pr+Av=9

頻度が④確率が②回避が③

SeとCIの交点(黒)は保護方策が必要

結果	ひどさ Se	クラスCI (Fr+Pr+Av)					頻度 Fr	確率 Pr		回避 Av
		3-4	5-7	8-10	11-13	14-15				
死亡, 目又は腕の喪失	4						$h \leq 1H$	5	Very high	5
恒久的傷害, 指の喪失	3						$1H < h \leq 24H$	5	Likely	4
可逆性傷害, 医療上の注意	2						$24H < h \leq 6W$	4	Possible	3
可逆性傷害, 応急処置	1						$2W < h \leq 1y$	3	Rarely	2
							$1y < h$	2	Negligible	1

黒部分: 無条件で保護方策が要求される

頻度, Fr

- 2 ばく露の間隔が1年超
- 3 ばく露の間隔が2週間超であるが, 1年以下である。
- 4 ばく露の間隔が1日超であるが, 2週間以下である。
- 5 ばく露の間隔が1時間超であるが1日以下である。

確率, Pr

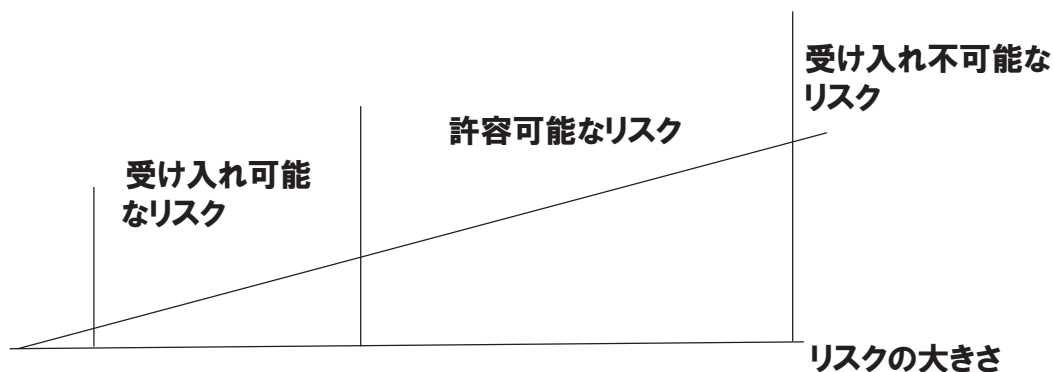
- 1 無視しえる (Negligible) : 例えば, この種のコンポーネントは, 危険事象が発生しても故障したことがない。ヒューンエラーの可能性はない。
- 2 めったに起こらない (Rarely) : 例えば, この種のコンポーネントは危険事象が発生しても故障する恐れがない。ヒューマンエラーは起こりそうもない。
- 3 ひょっとすると起こりえる (Possible) : 例えば, この種のコンポーネントは危険事象が発生した場合, 故障する可能性がある。ヒューマンエラーはひょっとすると起こりえる。
- 4 起こりそうである (Likely) : 例えば, この種のコンポーネントは危険事象が発生した場合, 恐らく故障する。ヒューマンエラーは起こりえる。
- 5 非常に高い (Very high) : 例えば, この種のコンポーネントはこの用途に対して製造されていない。ゆえに危険事象が発生した場合, 故障する。人の挙動はエラーの可能性が非常に高い。

回避, Av

- 1 おそらく成功する (Likely) : 例えば, インタロックが故障し, 危険な動きが継続してもインタロックガードの後ろにある可動部分との接触は回避されると想定される。
- 3 可能性がある (Possible) : 例えば, 速度が遅い場合, 捕捉の危険源を回避することは可能である。
- 5 不可能 (Impossible) : 例えば, 強力なレーザービームの突然の発生や電気絶縁の障害により活性になる機械の部分を回避することは不可能である。

3 リスクアセスメントーリスクの評価と許容可能なリスク

その時代の社会の価値観に基づく所与の状況下で、受け入れられるリスク



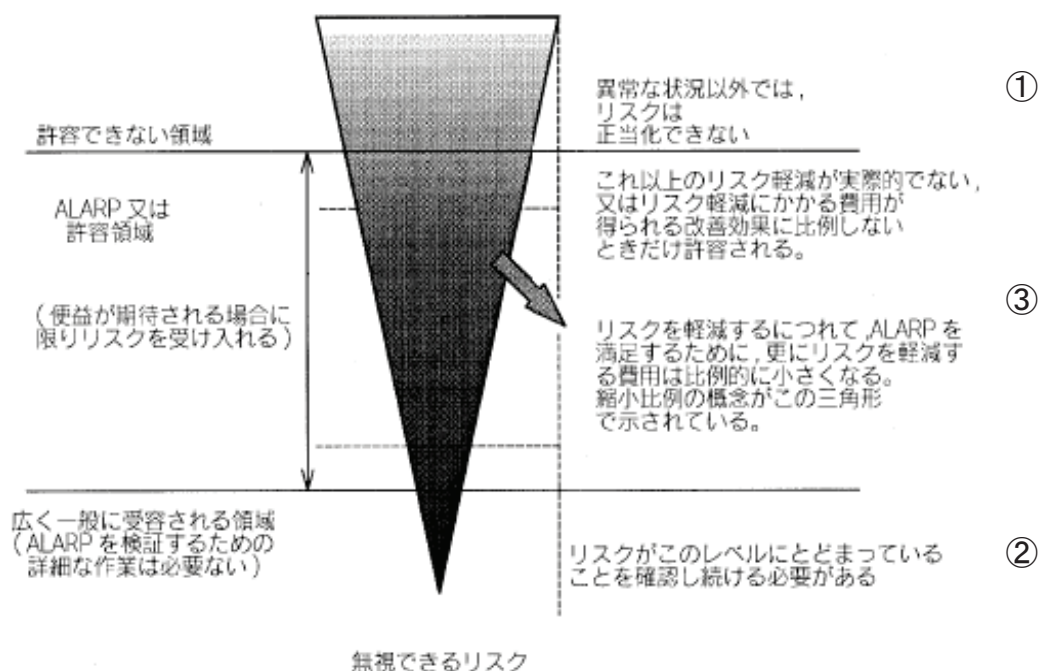
受け入れ不可能なリスク = Unacceptable risk

許容可能なリスク = Tolerable risk

受け入れ可能なリスク = Acceptable risk

37

3 リスクアセスメントーALARPの原則



38

3 リスクアセスメント

ーリスク／リスクアセスメントの注意事項

- ①費用と便益
- ②リスクの経年変化
- ③リスクの過小評価
- ④非現実的なリスクアセスメント

39

3 リスクアセスメント

ーリスク／リスクアセスメントの注意事項

①費用と便益

費用と便益を考慮して、リスク判定をする場合、注意しなければならないこと。

→ 利益は自分、リスクは他人。

ex.フォード・ピント

40

3 リスクアセスメント

ーリスク／リスクアセスメントの注意事項

②リスクアセスメントーリスクの経年変化

何年間も無事故で運転してきた。

→ そのシステムは安全？何年間も稼動していることが事故が起こりえないことを保障しているといえるか？

41

3 リスクアセスメント

ーリスク／リスクアセスメントの注意事項

③リスクの過小評価

→ a) システムの事故は、低確率の事象が組み合わさって起きる。

→ b) タイタニック号「船底は二重底、16の防水区域。4つが失われたとしても沈まない。これまでの海難事故では、4つ以上の水面下区画の破損はなかった。

42

3 リスクアセスメント

—リスク／リスクアセスメントの注意事項

④非現実的なリスクアセスメント

確率論的リスクアセスメント:数値的目標は、計測できるものだけを評価。

- 計測する必要があるものを評価できるとは限らない。設計欠陥や管理ミスのような計測できない要因がある。
- 設計を評価することよりも、評価の数字を下げることに重点が注がれる。
- 設計者が数値目標を達成したことに満足してしまい、追加の設計修正が可能であってもそれ以上を設計を進めようとしなない。

43

3 リスクアセスメント

—リスク／リスクアセスメントの注意事項

米国環境保護庁長官:William Ruckelshausの発言

We should remember that risk assessment data can be like the captured spy. If you torture it long enough, it will tell you anything you want.

44

3 リスクアセスメントーリスクアセスメントのメリット

労働災害の減少	合理的な安全対策の優先順位の決定
安全の度合いの深化(これまで事故がなかったから安全→前もって手が打ってあるから安全)	合理的な費用対効果の安全対策の実施
設備・装置に対する技術的対応の優先が明確になる	リスクに基づき他のシステムとの危険性の相対的比較が可能
職場全員による安全確保への参加と安全の認識の共有化	リスクコミュニケーションと安全文化の促進
残留リスクへの対応とその根拠が明確になる	

45

トピックスー “安全” という用語の使用

この資料において、“保護装置”や“保護方策”という言葉が使用されている。これらの用語は、聞きなれないと感じる人あるいは全く聞いたことがない人もいるかと思うが、従来“安全装置”や“安全方策”といわれていたものである。では、なぜ“安全装置”や“安全方策”ではなく、“保護装置”や“保護方策”というようになったのであろうか？

理由は、簡単にISO/IECガイド51の誕生がその答えである。

このガイド51の第4章に「“安全”及び“安全”なという用語の使用」という規定があるが、この中で次のような記述がある。

「“安全”及び形容詞としての“安全な”という用語は、言外に有益ないかなる情報をも意味するわけではないので、使用を避けることが望ましい。これらの用語は、リスクがないことを保証していると誤解されやすいためである。」とある。

ISO/IECガイド51の誕生以降、国際安全規格においても、わが国の国家規格であるJISにおいても、安易に“安全”という用語を使用しなくなっており、“安全”及び“安全な”という用語を使用する場合、その製品やものが果たす役割を示す表現に置き換えるようになっている。

46

まとめ

- 1 国際安全規格は、階層構造化された規格体系で構成される。
- 2 保護方策は、3分類され優先順位付けがなされている。
- 3 “安全”の考え方は、リスクを経由して定義される。絶対安全は存在しない。
- 4 リスクアセスメントの実施は、必須である。

47

演習

- ・ 国際安全規格における「安全」とは、どのような性格のものか、その特徴を記述せよ。また、「安全」を達成するためにある方法論が規定されている。その方法論の概要を説明せよ。

48

演習

- ・ 「安全」＝「適切にリスクが低減された状態」又は「許容可能なリスク」を達成するためには、その基準が必要となる。この基準は、設計者の安全に対する考え方やその設計者が所属する事業所の安全に対する考え方、産業機械か消費者用製品かなど様々な要因を考慮した上で決定されることとなるが、この基準はどのように考えられるのか考察せよ。

49

参考資料

- 1 ISO/IEC Guide51:1999,Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards
- 2 JIS Z 8051, 安全側面－規格への導入指針
- 3 ISO12100, Safety of machinery - General principles for design - Riskassessment and Risk reduction
- 4 ISO/TR14121-2, Safety of machinery - Risk assessment - Part2:Practical guidance and examples of methods
- 5 安全の国際規格－第1巻 安全設計の基本概念—ISO/IEC Guide 51とISO 12100—
- 6 向殿政男, よくわかるリスクアセスメント—事故未然防止の技術—
- 7 W.Defren, F.Kreutzkamp, Machine safety in the European Community, Schmersal GmbH,2003
- 8 J.Gould,M.Glossop,A.Ioannides, REVIEW OF HAZARD IDENTIFICATION TECHNIQUES,HSL/2005/58
- 9 JIS C 0508-5:1999, 電気・電子・プログラマブル電子安全関連系の機能安全－第5部:安全度水準決定方法の事例
- 10 セーフウェア, ナンシー・G・レブソン, 松原友夫監訳、訳 片平真史、吉岡律夫、西康晴、青木美津江、翔泳社
- 11 H18年度基準認証開発事業成果、JSA

50

参考資料

IS012100

本事業で作成する教材の参考例として、掲載したものであり、最終的な内容と形式はこの参考資料とは異なる。

ISO12100

学習のねらい

- 1 ISO12100で規定されるリスク低減の方法論のうち「保護方策」を理解する。
- 2 保護方策(安全方策)の全体概要と考え方を理解する。
- 3 本質的安全設計方策の規定について、その要点を習得する。
- 4 安全防護策の規定について、その要点を習得する。
- 5 使用上の情報の規定について、その要点を習得する。

＊リスク低減の方法論のうち「リスクアセスメント」については、「機械安全の基本(1)－ISO12100とISO/IECガイド51とISO12100」で解説される。

目 次

- 1 ISO12100とは
- 2 ISO12100ーリスクアセスメントの手順と保護方策
- 3 本質的安全設計方策
- 4 安全防護策(及び付加保護方策)
- 5 使用上の情報
- まとめ
- 演習問題
- 参考資料

3

1 ISO12100とは－何を定める？

(1) 規格名称

ISO12100, Safety of machinery – general principles for design –
Risk assessment and risk reduction

(2) 規定内容

機械類の設計において安全性を達成するときに適用される基本用語及び方法論について規定する。また、設計者がこの目的を達成することを支援するため、リスクアセスメント及びリスク低減の原則を規定する。

(3) 適用範囲は？

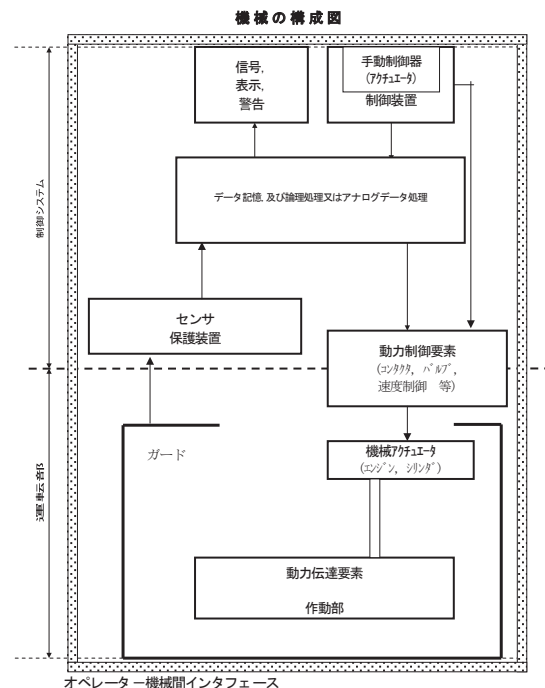
- ・規格の使用対象者：設計者
- ・保護対象：人の安全のみを取り扱う。環境、財産、家畜動物などの安全は取り扱わない。
- ・どんな機械？：産業機械全般

4

1 ISO12100とは—どのような機械を対象？

- 機械:連結された部品又はコンポーネントで構成される駆動部を備え、又は備えることを意図したものであって、構成要素である連結部品又はコンポーネントのうち、少なくとも一つは、特定の目的のために稼動し、かつ、協働するもの。

注記：“機械類”という用語は、全く同一の目的を達成するために完全な統一体として機能するように配列され、制御される複数の機械の集合体に対しても用いる。



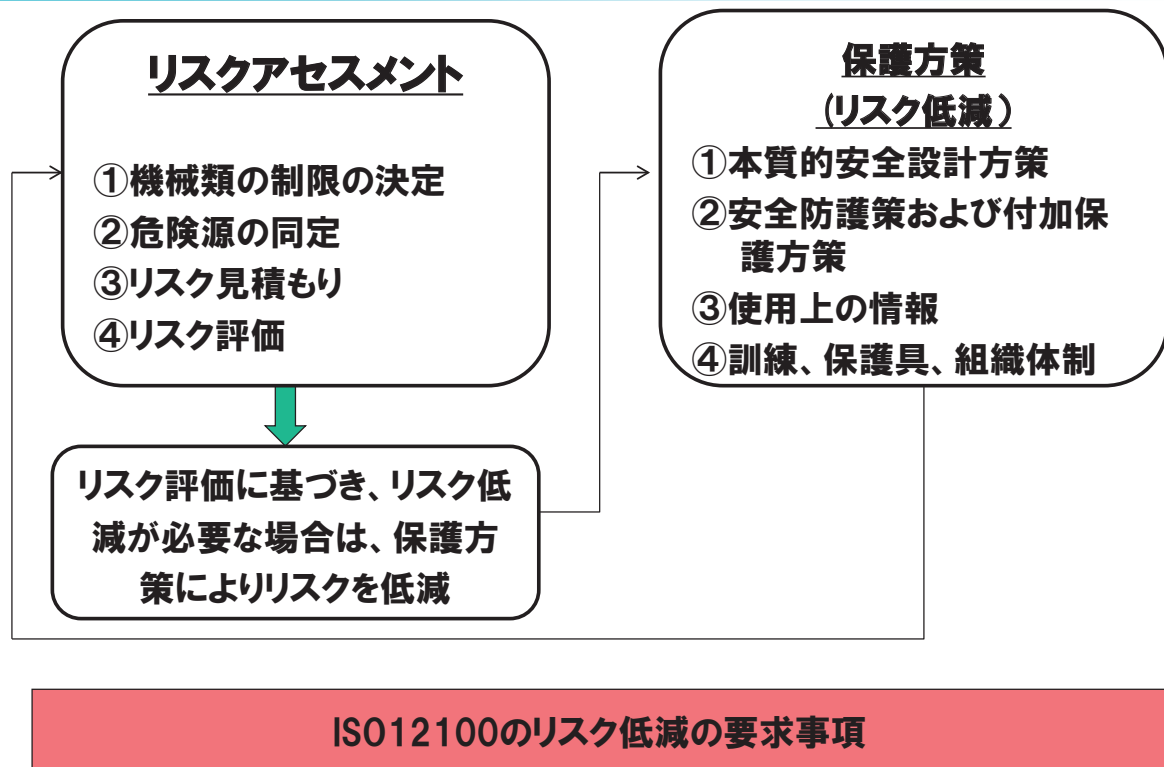
5

1 ISO12100とは—ISO12100の目次

序文	6 リスク低減
1 適用範囲	6.1 一般
2 引用規格	6.2 本質的安全設計方策
3 用語及び定義	6.3 安全防護及び付加保護方策
4 リスクアセスメント及びリスク低減	6.4 使用上の情報
5 リスクアセスメント	7 リスクアセスメント及びリスク低減の文書化
5.1 一般	附属書A (参考) 機械の系統図
5.2 リスクアセスメントの情報	附属書B (参考) 危険源, 危険状態及び危険事象の例
5.3 機械類の制限の決定	B.1 一般
5.4 危険源の同定	B.2 危険源の例
5.5 リスク見積もり	B.3 危険状態の例
5.6 リスクの評価	B.4 危険事象の例
	附属書C (参考)

6

1 ISO12100とは—ISO12100の中心となる規定



7

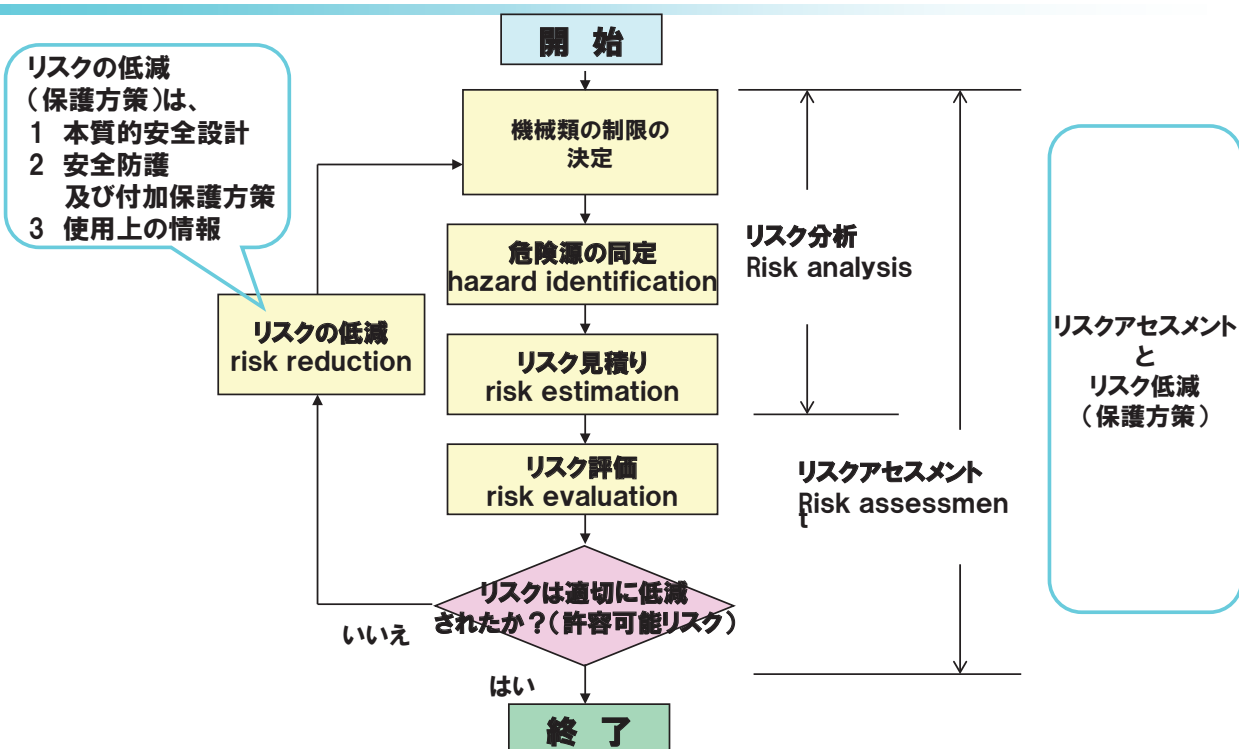
1 ISO12100とは—ISO12100の用語及び定義

57用語について定義（例えば、次のような用語）

- 危害：身体的傷害又は健康障害。
- 危険源：危害を引き起こす潜在的根源。
- リスク：危害の発生確率と危害のひどさとの組合せ。
- リスク見積り：起こり得る危害のひどさ及びその発生確率を明確にすること。
- リスク分析：機械の制限に関する仕様，危険源の同定及びリスク見積りの組合せ。
- リスク評価：リスク分析に基づき，リスク低減目標を達成したかどうかを判断すること。
- リスクアセスメント：リスク分析及びリスク評価を含む全てのプロセス。
- 適切なリスク低減：現在の技術レベルを考慮したうえで，少なくとも法的要求事項に従ったリスクの低減。
- 保護方策：リスク低減を達成することを意図した方策。次によって実行される（設計者による方策及び使用者による方策）＊この定義は一部省略。

8

2 ISO12100ーリスクアセスメントの手順と保護方策



9

2.1 ISO12100ーリスクアセスメント

リスクアセスメントステップ	内 容
機械類の制限の決定	①使用上の制限：意図する使用、合理的に予見可能な誤使用 ②空間上の制限：機械の動作範囲，機械の設置及び保全に対する空間上の要求事項，インタフェース ③時間上の制限：機械・装置など（例えば、工具、消耗品、電氣的構成品）の“寿命上の制限”
危険源の同定	機械に存在する危害を引き起こす根源を洗い出す
リスク見積もり	危険源から派生するリスクがどのくらいの大きさか見積もる
リスク評価	リスク低減が必要かどうか判定する。

10

2.2 ISO12100－保護方策(リスク低減)①

ISO12100の定義

保護方策 (Protective measure) :

リスク低減を達成することを意図した方策。

次により実行される。

- －設計者による(本質的安全設計方策, 安全防護及び付加保護方策, 使用上の情報)及び
- －使用者による(組織:安全作業手順, 監督, 作業許可システム;追加安全防護物の準備及び使用;保護具の使用;訓練)

設計	本質的安全設計
	安全防護策及び付加保護方策
	使用上の情報



使用	追加保護装置
	訓練
	保護具
	組織

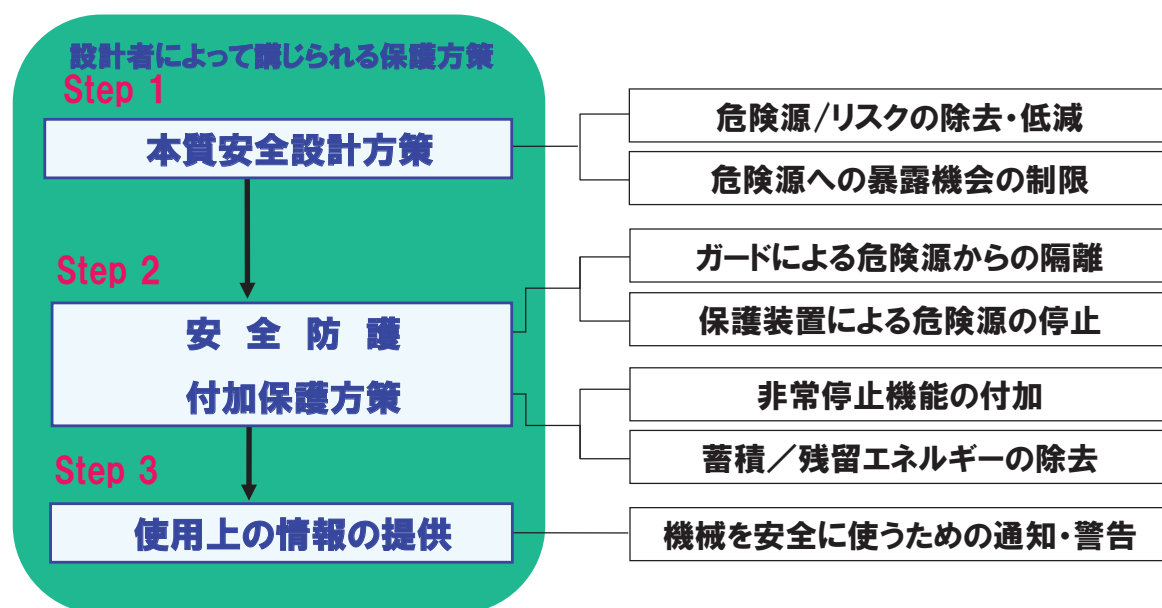
優先順位

・リスクアセスメントに基づき, 本質的安全設計方策, 安全防護策, 使用上の情報という三つの方法を用いて, 傷害及び健康障害のリスクを, できるだけ低いレベルまで低減することが要求される。

11

2.2 ISO12100－保護方策(リスク低減)②

保護方策は, 3ステップメソッドを参照し, 次の順序で適用しなければならない。



12

3 本質的安全設計方策

ISO12100の定義

本質的安全設計方策：

ガード又は保護装置を使用しないで、機械の設計又は運転特性を変更することにより、危険源を取り除くか又は危険源に関連するリスクを低減する保護方策。

二つに大別される

1. 設計上の各種処置方法を適切に選択し、できる限り多くの危険源の生成を防止し、低減すること。
2. 作業員が危険区域内に介入する必要性を低減することにより、人の危険源への暴露を制限すること。

13

3.1 危険源/リスクの除去・低減①

設計上の各種処置方法を適切に選択し、できる限り多くの危険源の生成を防止し、低減する

①幾何学的及び物理的要素に関する配慮

- ・鋭利な角部、突出部などの回避
- ・可動部分間の最小隙間の十分な確保
- ・視認性を確保する機械の設計
- ・作動力の制限
- ・エミッションの制限 等

②機械設計に関する一般的技術知識の考慮

- ・機械的応力
- ・材料特性
- ・エミッション

③機械的結合の安全原則

- ・ポジティブな機械的作用原理

④人間工学原則の遵守

- ・ストレス発生の回避
- ・騒音、振動、高温等の回避
- ・作業／自動運転間の同期の回避
- ・適切な照明の採用
- ・スイッチ等の適切な配置
- ・指示・表示等の適切な配置

⑤空圧／油圧設備の危険源防止 ISO4413、ISO4414

14

3.1 危険源/リスクの除去・低減②

⑥電氣的危険源の防止 IEC60204-1

- ・感電、やけどの防止

⑦制御システムへの本質的安全設計方策の適用

- ・機械起動／停止の論理的原則
- ・動力中断後の再起動防止
- ・自動監視の採用
- ・プログラマブル電子システム採用上の注意事項
- ・手動制御器に関する安全原則
- ・制御／運転モードの扱い上の留意事項 等

⑧安全機能故障の確率の最小化

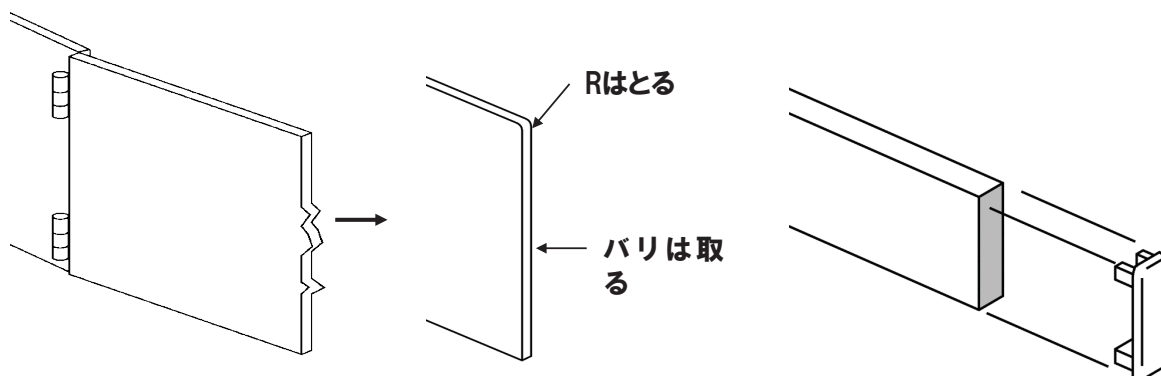
- ・非対称故障モードの採用
- ・重要構成要素の冗長化、ダイバーシティーによる方法 等

15

3.1.1 本質的安全設計方策の例

－ (1) 幾何学的及び物理的要素に関する配慮

鋭利な角部、突出部などの回避



鋭利な角部、バリ取りの例

端部につばを設けた例

16

3.1.1 本質的安全設計方策の例

－ (1) 幾何学的及び物理的要素に関する配慮

可動部分間の最少隙間の十分な確保

安全距離

ISO13857 (上肢安全距離)

- ①上方への到達
- ②保護構造物を越える到達
- ③周囲への到達
- ④14歳以上の人の上肢の
定形開口部を通しての到達
- ⑤3歳以上の人の上肢の開口部
を通しての到達
- ⑥異形開口部を通しての到達

ISO13854 (最小隙間)

人体、頭、脚、足、
つま先、腕、手、手
首、こぶし、指の押
しつぶし防止の最
小すき間の規定

ISO13857 (下肢安全距離)

- ①定形開口部を通しての到達
- ②異形開口部を通しての到達
- ③下肢の自由な接近を防止
するための安全距離

17

3.1.1 本質的安全設計方策の例

－ (1) 幾何学的及び物理的要素に関する配慮

可動部分間の最少隙間の十分な確保
－安全距離(上肢の場合(開口部通過))

[表出所:ISO13857
(p.20、21とも)]

人体部位	開口部	安全距離, sr		
		長方形	正方形	円形
指先	$e \leq 4$	≥ 2	≥ 2	≥ 2
	$4 < e \leq 6$	≥ 10	≥ 5	≥ 5
指の関節までの指 又は手	$6 < e \leq 8$	≥ 20	≥ 15	≥ 5
	$8 < e \leq 10$	≥ 80		
	$10 < e \leq 12$	≥ 100		
	$12 < e \leq 20$	≥ 120	$\geq$	
	$20 < e \leq 30$	≥ 850 1)	$\geq$	
肩の基点までの腕	$30 < e \leq 40$	≥ 850	$\geq$	
	$40 < e \leq 120$	≥ 850	$\geq$	

1) 長方形開口部の長辺が65mm以下の場合、200mm(安全距離)まで低減可。



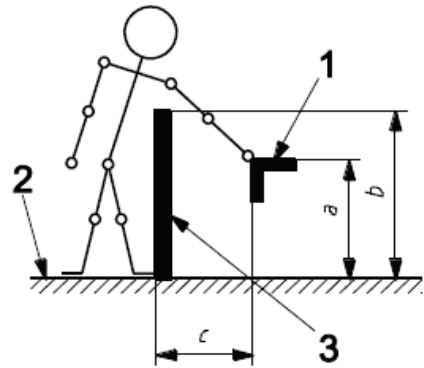
18

3.1.1 本質的安全設計方策の例

－ (1) 幾何学的及び物理的要素に関する配慮

可動部分間の最少隙間の十分な確保-安全距離(上肢の場合(水平距離))

危険区域の高さ	保護構造物の高さ								
	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2500
	危険区域までの水平距離								
2500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2400	100	100	100	100	100	100	100	100	0
2200	600	600	500	500	400	350	250	0	0
2000	1100	900	700	600	500	350	0	0	0
1800	1100	1000	900	900	600	0	0	0	0
1600	1300	1000	900	900	500				
1400	1300	1000	900	800	100				
1200	1400	1000	900	500	0				
1000	1400	1000	900	300	0				
800	1300	900	600	0	0				
600	1200	500	0	0	0				
400	1200	300	0	0	0				
200	1100	200	0	0	0				
0	1100	200	0	0	0				

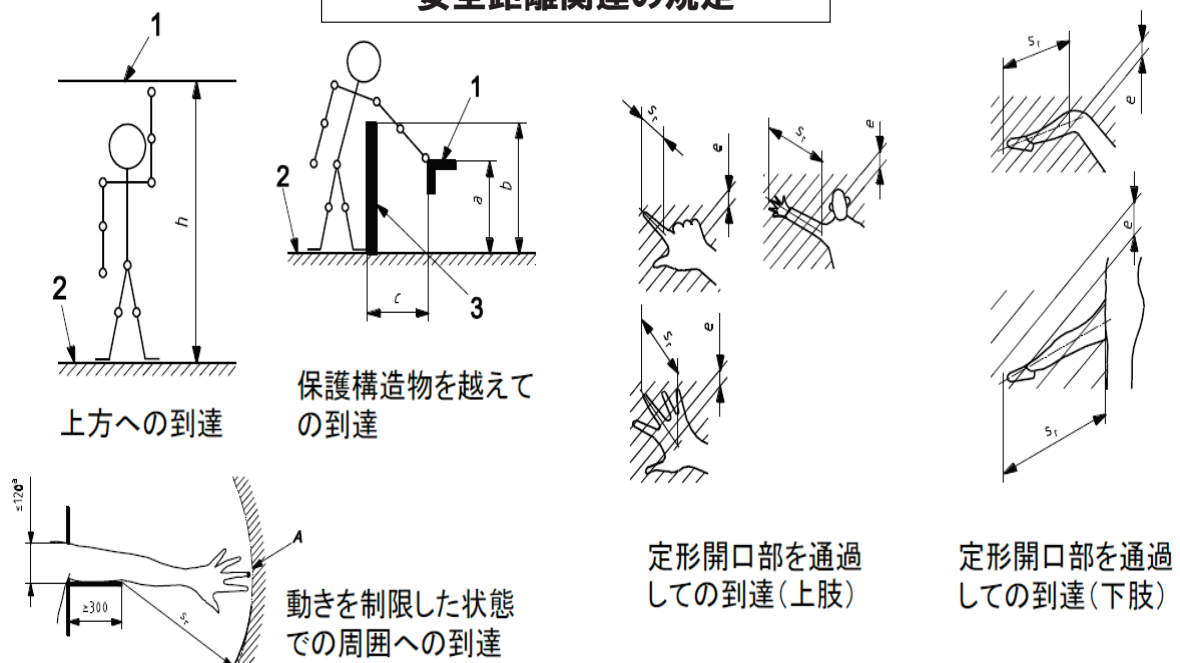


19

3.1.1 本質的安全設計方策の例

－ (1) 幾何学的及び物理的要素に関する配慮

安全距離関連の規定



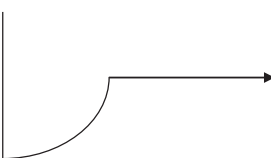
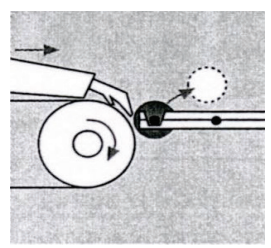
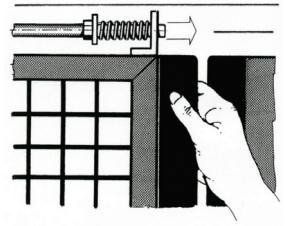
[表出所:ISO13857]

20

3.1.1 本質的安全設計方策の例

－ (1) 幾何学的及び物理的要素に関する配慮

作動力の制限等

エネルギーの制限	力の流れの遮断	構成部品の弾性の利用
人体が傷害を受けないように、危険区域に生じるエネルギーを低いレベルに制限する。  規格規定上の限界値： ISO14120では、動力作動式ガードの運動エネルギーは、次のように規定される。 保護装置がある場合、150N以下 保護装置がない場合、75 N	人体部位と危険箇所間の力の流れを、人体が感じる痛みの限界値に達する前に遮断する。  ローラを自由に動くようにすることにより、動力で動くコンベアと先頭のローラとの間に挟まれる可能性を低減、又は回避する。可動部品の重量と慣性モーメントは、出来るだけ低く保つ必要がある。	適切な材料を選択する等により、構成部品の剛性および強度を低減し、人体部位が捕捉されても、人体が被る傷害のエネルギーを構成部品に移す。 

〔 出所：A.ノイドルファー著、田中紘一翻訳・監修、国際規格対応安全な機械の設計、NPO安全工学研究所、2002 〕₁

3.1.1 本質的安全設計方策の例

－ (1) 幾何学的及び物理的要素に関する配慮

作動力の制限等－力の流れの遮断

木材とソーセージ



木材は切断



テーブルソーの例

ブレードとソーセージが接触した瞬間、ブレードが下方へ移動



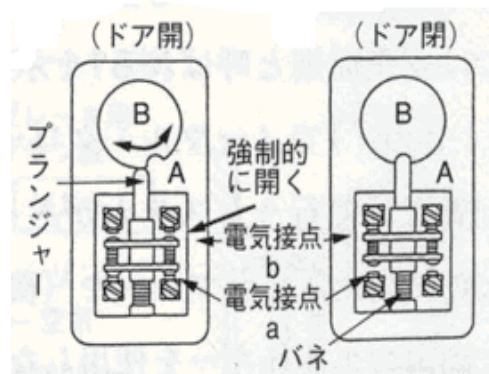
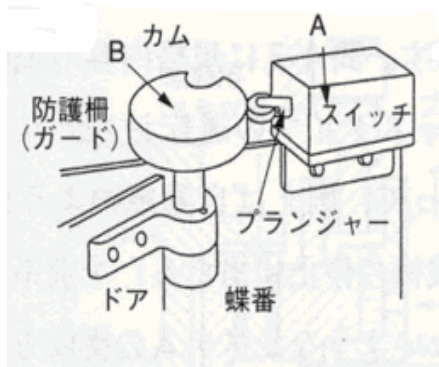
http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=wFp62jDcoFM の映像をキャプチャーした画像 ([リンク](#))

〔 出所： http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=wFp62jDcoFM 〕

3.1.2 質的安全設計方策の例－(3) 機械的結合の原則

ポジティブな機械作用の原理

- ・ポジティブモードで結合(機械的構成部品が直接、または剛体要素を介して他の機械的構成部品に連動させる)



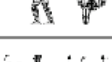
23

3.1.3 本質的安全設計方策の例－(4) 人間工学原則の遵守

ストレス発生の回避

使用者として意図する人の人体寸法、力の強さと姿勢、動作範囲及び繰り返し動作の頻度を考慮しなければならない。

静的動作力
最大(DIN 33411-5より)

力の方向		姿勢	力の値[N]
	水平に片手で引く	座位	600
	上方へ両手で垂直に押す	立位	1400
	上方へ片手で垂直に引く	立位	1200
	水平に両手で引く、後ろ手で引く	立位	1100
	水平に両手で押す、前に押す	立位	1300
	水平に肩で押す	立位	1300
	水平に片手で押す・引く	立位	700

出所: DIN 33411-5,
Körperkräfte des
Menschen - Teil 5:
Maximale statische
Aktionskräfte,
Werte

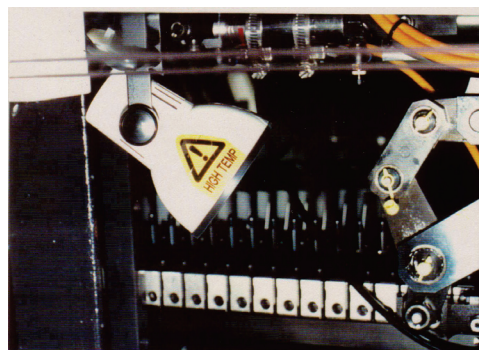
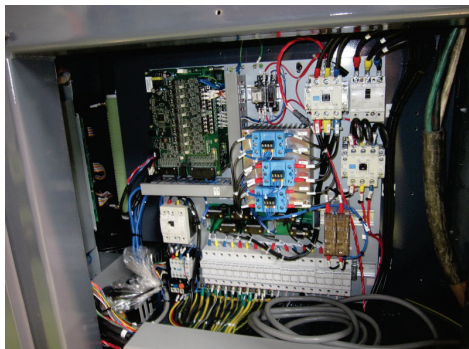
24

3.1.3 本質的安全設計方策の例－(4) 人間工学原則の遵守

適切な照明の採用

機械及び／又はそのガードの設計上の特性によって明るさが十分でない場合、作業区域及び調整・設定区域、頻度の高い保全区域の照明用として機械上に又は機械の中に照明を備える。

配電盤の扉の中 視認性確保のための照明



左写真出所:内藤博光, JIS B 9700 (ISO12100) 機械類の安全性－設計のための一般原則－リスクアセスメント及びリスク低減, 日機連講演会資料
右写真出所:宮崎浩一、向殿政男,安全の国際規格-第2巻 機械安全-ISO 12100-2、機械類の安全性-設計のための基本概念、一般原則-第2部:技術原則一、日本規格協会、2007

25

3.1.4 本質的安全設計方策の例

－(7) 制御システムへの 本質的安全設計方策の適用

制御システム設計上の安全原則

- a.機構の起動／停止 b.動力中断後の再起動防止 c.動力供給の中断 d.自動監視の使用
e.内部動力源の起動又は外部動力供給の接続 f.運転モードの扱い上の留意事項 等

－安全機能故障の確率の最小化

- a.非対称故障モードの採用 b.重要構成要素の2重化方法 c.信頼性のある構成品の使用

上の方策を使用することで、「危険な機械の挙動」を防止する。

危険な挙動の例

- ・意図しない機械の起動
- ・無制御状態の速度変化
- ・運動部分の停止不能
- ・ワークピースの落下・放出
- ・保護装置の不動



挙動の典型的な原因

- 不適切な設計・修正
- コンポーネントの不具合
- 動力供給の変動・故障
- 不適当な選択・設計・配置

ISO13849-1 制御システムの安全関連部－第1部:設計のための原則

写真出所:内藤博光, JIS B 9700 (ISO12100) 機械類の安全性－設計のための一般原則－リスクアセスメント及びリスク低減, 日機連講演会資料

26

3.1.4 本質的安全設計方策の例

－ (7) 制御システムへの 本質的安全設計方策の適用

a.機構の起動又は停止

停止又は減速の最初の動作は、電圧又は流体圧力の除去若しくは低減によって、又は、2値論理の要素を考慮する場合、1の状態から0の状態への移行によって実行するのが望ましい(ここで、1の状態は、最も高いエネルギー状態を表す。)

- ・ 機械可動部が所定速度以下であって、かつ所定時間以上その状態を継続したとき

停止関連規格	規定内容
prEN12417	可動部の移動速度を2m/分以下で定める
ISO12100	停止装置として機械的拘束装置を定める
IEC60204-1	停止操作機能として、電気的エネルギー遮断に基づく非制御停止(カテゴリ0)と、電気的エネルギー非遮断に基づく制御停止(カテゴリ1及び2)を定める
ISO14118	予期しない起動を例示し、停止状態をエネルギー供給の遮断、残存エネルギーの消散および予期しない起動の防止の適用で定める。
ISO14119	機械可動部の停止時間が人の接近時間を超える場合のインタロック機能を定める

27

3.2 危険源への暴露機会の制限

作業員が危険区域内に介入する必要性を低減することにより、人の危険源への暴露を制限する

①設備の信頼性による危険源への暴露機会の制限

②搬入(供給)／搬出(取り出し)作業の機械化及び自動化による危険源への暴露機会の制限

③設定(段取り等保全の作業位置を危険区域外とすることによる危険源への暴露機会の制限

28

4 安全防護策(及び付加保護方策)

ISO12100の定義:

安全防護策:

本質的安全設計方策により合理的に除去できない危険源、又は十分に低減できないリスクから人を保護するための安全防護物の使用による保護方策。

二つに分類される

・ガード
・保護装置

29

4.1 ガード

ISO12100の定義(一部抜粋)

ガード:

保護するために機械の一部として設計された物理的なバリア。

備考1. ガードは、次のように機能する。

- － 単独の場合: 可動式ガードでは“閉じた状態”のときだけ有効であり、固定式ガードでは“確実に取り付けられている状態”のときだけ有効である。
- － ガード施錠式又は施錠なしのインターロック装置と組み合わせる場合: ガードの位置によらず、保護が確実にされる。

備考2. ガードはその設計によって、例えば、ケーシング、シールド、カバー、スクリーン、ドア、囲いガードと呼ばれる場合がある。

ガードの種類は、次ページ

30

4.1.1 ガードの種類

ガードの種類	ガードの説明
固定式ガード	所定位置に固定されているガード。解錠には工具が必要。
可動式ガード	工具なしで、開閉可能なガード。
調整式ガード	機械の停止中に一部が調整可能なガード。
囲いガード	全ての面から危険区域への接近を防止するガード。
距離ガード	危険区域を完全に囲うのではなく、危険区域からその寸法及び距離により接近の危険を防止又は低減するガード。例えば、周辺フェンス又はトンネルガードによる。
動力作動ガード	人又は重力とは別の動力源からの力により作動する可動式ガード。
自己閉鎖式ガード	機械要素(例えば、可動テーブル)又はワークピース若しくはジグの一部により作動する可動式ガードであり、ワークピース(及びジグ)が通りぬけることのできる開口部を通りぬけるとすぐに、自動的に閉位置にもどる(重力、ばね、その他の外部動力などによる)。
制御式ガード	インターロック機能を付加したガードであり、ガード開では機械は起動しない。ガード閉で機械が起動する。
インターロック付きガード	機械要素の運転をやめるための機械的、電氣的装置を付加したガード。
施錠式インターロック付きガード	施錠装置を備えたインターロック付きガード。

31

4.1.2 固定式ガードと可動式ガードの例

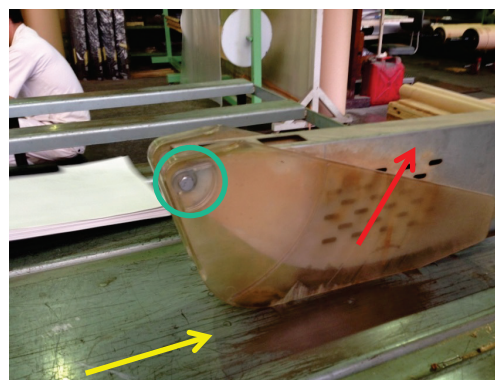
固定式ガード

- ・ 囲い式ガード: 固定式ガードの一つとして、分類されるガード。
- ・ 手などがギアに巻き込まれないように、危険な可動部分を覆っている。



可動式ガード

- ・ 自己閉鎖式ガード
可動式ガードの一つであり、機械の危険な可動部分を工程中でもガードが覆っている。右図は、木材を切断するための電動のこぎりの例であり、材木の切断中は、ブレードをガードが覆い、切断が終了すると、ガードは自動的に閉位置に戻る。



〔 出所: 明治機械(株) (両写真とも) 〕

32

4.2 保護装置(安全装置)

ISO12100の定義

保護装置:ガード以外の安全防護物



保護装置の種類	保護装置の説明
インターロック装置／ インターロック	危険な機械機能の運転を防ぐことを目的とした機械装置、電気装置、又はその他の装置
イネーブル装置	起動制御に連続して用いる調整又は保全などの補足的な手動操作装置である。
ホールド・ツー・ラン制御装置	手動制御器を作動させている限り、開始指令を出し、かつ維持する制御装置
両手操作制御装置	操作する人のみを保護する装置であり、両手による同時操作を少なくとも必要とする制御装置
検知保護設備	人を検出する設備で、制御システムに対して適切な信号を生成する設備(光カーテン、レーザスキャナ、圧力検知マット、トリップバー、トリップワイヤなど)
機械的拘束装置	機械的障害(例えば、くさび、スピンドル、支柱、車輪止め)を組み込んだ装置
制限装置	機械又は危険な機械条件が設計限界(例えば、空間の限界、圧力限界、負荷モーメント限界)を超えないように制限する装置

33

4.2.1 インタロック装置

インターロック装置とは: ガードが開いていると機械要素の動作を 避けるための機械的、電氣的などの装置。

・タイプ1インタロック装置

コード化されていない機械的に作動する位置スイッチをもつインタロック装置

例: ヒンジ形インタロック装置

・タイプ2インタロック装置

コード化された機械的に作動する位置スイッチをもつインタロック装置

例: トング形インタロック装置

・タイプ3インタロック装置

コード化されていない非接触形位置スイッチをもつインタロック装置

例: 近接スイッチ

・タイプ4インタロック装置

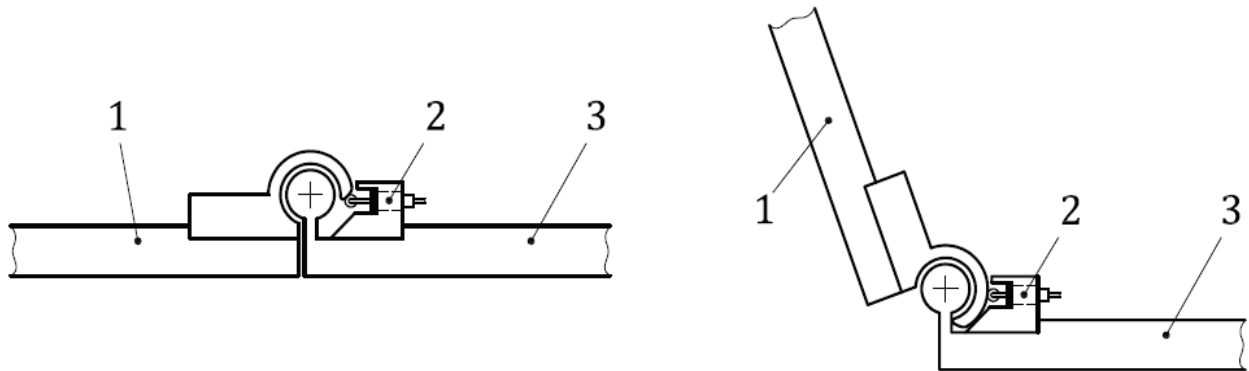
コード化された非接触形位置スイッチをもつインタロック装置

例: RFIDタグ作動位置スイッチ

34

4.2.1 インタロック装置－タイプ1インタロック装置

タイプ1インタロック付きガードの例



1 可動式ガード 2 ヒンジ形インタロック装置 3 ガードの固定部分

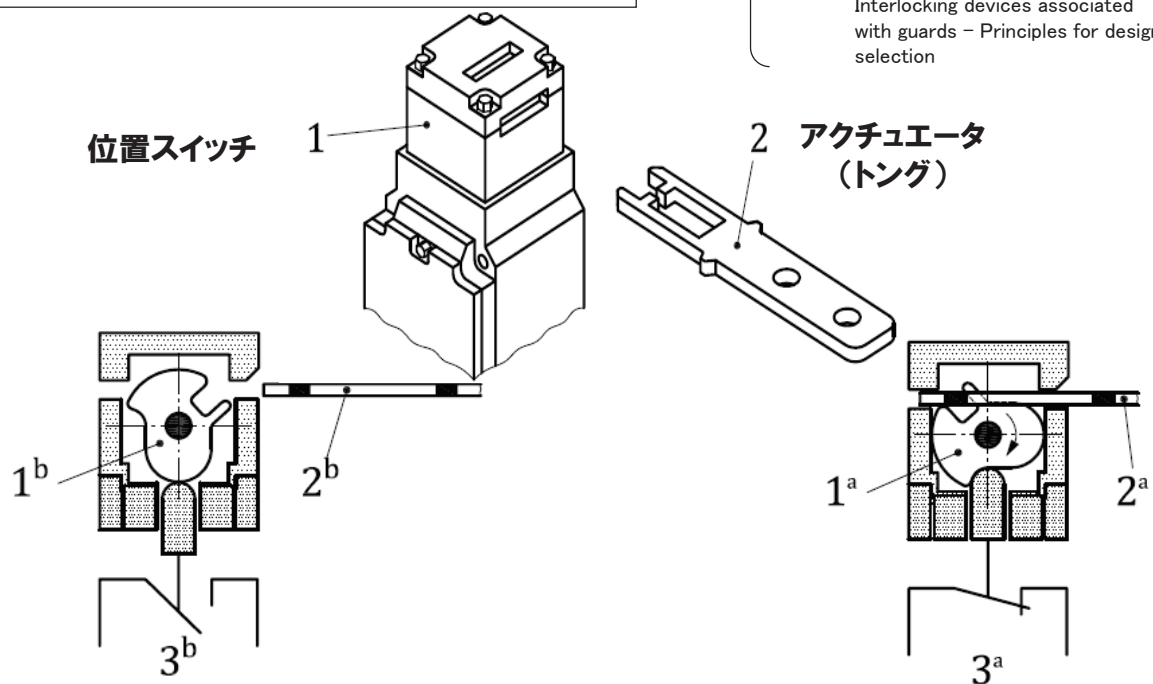
出所: ISO/FDIS14119, Safety of machinery – Interlocking devices associated with guards – Principles for design and selection

35

4.2.1 インタロック装置－タイプ2インタロック装置

タイプ2インタロック付きガードの例

出所: ISO/FDIS14119, Safety of machinery – Interlocking devices associated with guards – Principles for design and selection

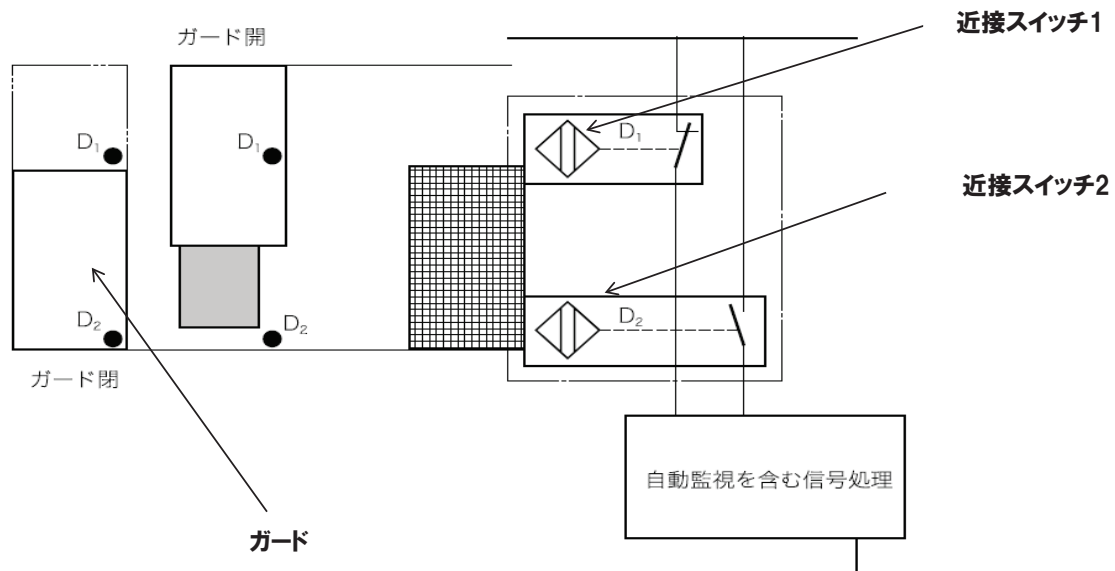


1a 可動式ガード閉状態での内部回転カム 1b 可動式ガード開状態での内部回転カム
2a ロング挿入 2b トング未挿入
3a スイッチ要素閉 3b スイッチ要素開

36

4.2.1 インタロック装置－タイプ3インタロック装置

タイプ3インタロック付きガードの例

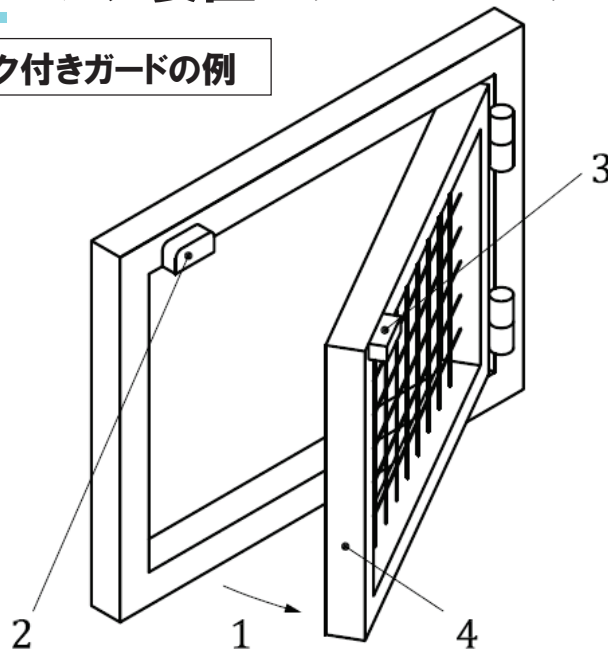


出所:ISO/DIS14119, Safety of machinery – Interlocking devices associated with guards – Principles for design and selection

37

4.2.1 インタロック装置－タイプ4インタロック装置

タイプ4インタロック付きガードの例



- 1 開方向 3コード化されたRFIDタグアクチュエータ
2 タイプ4インタロック装置 4可動式ガード

出所:ISO/FDIS14119, Safety of machinery – Interlocking devices associated with guards – Principles for design and selection

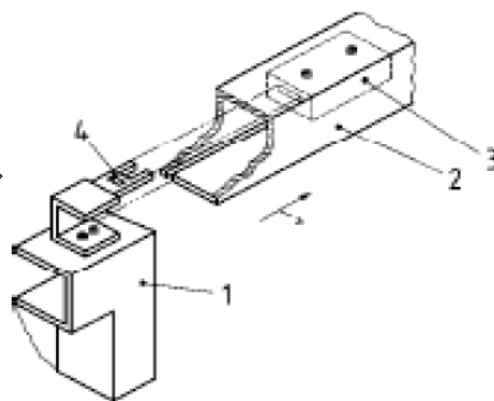
38

4.2.2 インタロック装置の無効化①

- ①危険源、意図する使用を考慮して設計する
- ②機械の作業環境に適合し、かつ無効化できないように設計する
- ③作業の妨げになることを最小にする
- ④頑丈な構造にする
- ⑤新たな危険源を生じない
- ⑥不作動化が容易にできない
- ⑦危険区域から適切な距離に配置
- ⑧生産工程視認の妨げにならない
- ⑨可能であれば、ガード又は保護装置の除去なしに保全等の作業を可能とする。など

- 手を届かなくする
- ガードを付ける
- 隠す
- コード化する
- 簡単に外せない
- 動作チェックする

出所:ISO/FDIS14119, Safety of machinery –
Interlocking devices associated
with guards – Principles for design and
selection



39

4.2.2 保護装置－インタロック装置の無効化②

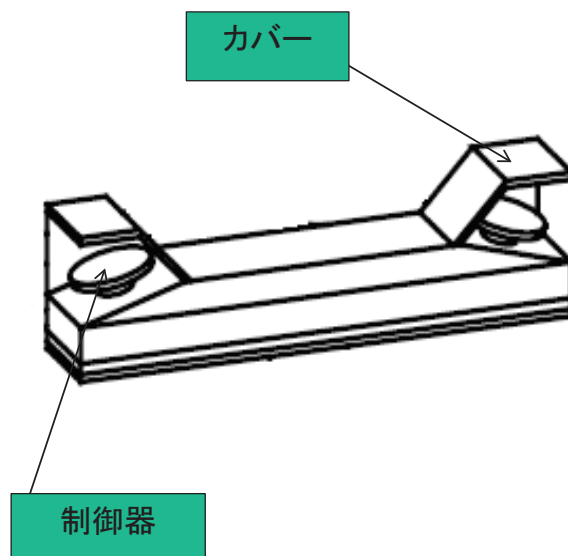
タスク	自動	手動	容 可 能 か	これら の モ ー ド で の タ ス ク は 許 可 可 能 か	無 効 化 せ ず タ ス ク は 遂 行 可 能 か	よ り 容 易 ／ 便 利	よ り 迅 速 に ／ 生 産 性 は 向 上	フ レ キ シ ビ リ テ ィ、 例 え ば、 よ り 大 き な ワ ー ク ピ ー ス	よ り 高 い 正 確 性	よ り 良 い 視 認 性	よ り 低 負 荷 の 身 体 的 努 力	低 減 さ れ た ト ラ ペ ル	動 き の よ り 大 き な 自 由 度	向 上 し た 動 作 の 自 由 度	中 断 の 回 避	備 考
最初の運転		X	はい	はい	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
機械加工	X		はい	はい	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
削り屑除去のための 手動介入																
ワークピースの手 動交換																
トラブルシューティ ングのための手動 介入		X	はい	はい	++	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	改 良 が 必 要
チェック／ランダム サンプリング																
保護装置がない場合の利益。0＝なし，＋＝微小，＋＋＝大幅																

出所:ISO/DIS14119, Safety of machinery – Interlocking devices associated with guards – Principles for design and selection

40

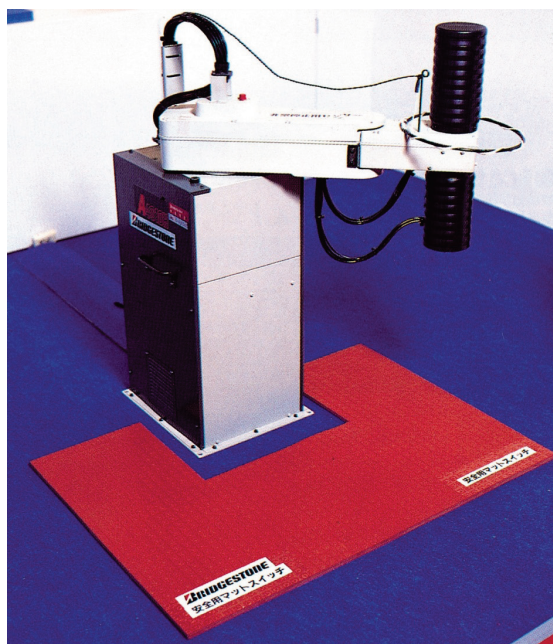
4.2.3 両手操作制御装置

- ・ 両手操作制御装置:この装置は、運転するために両手の使用を必要とする制御装置
- ・ 片手で装置を操作することを防止するために、ボタンの上にガードが付いている。
- ・ 制御器(ボタン)間の距離も、片手操作できないように適切な距離に設置されている。



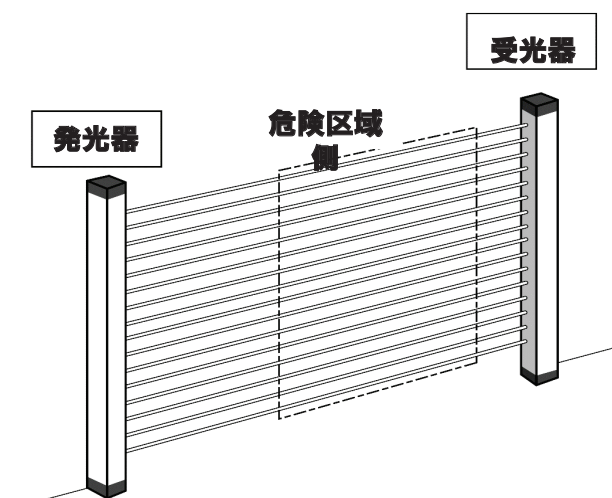
41

4.2.4 圧力検知マットとライトカーテン



圧力検知マットの例

〔 写真出所:株式会社ブリヂストン:製品カタログ 〕

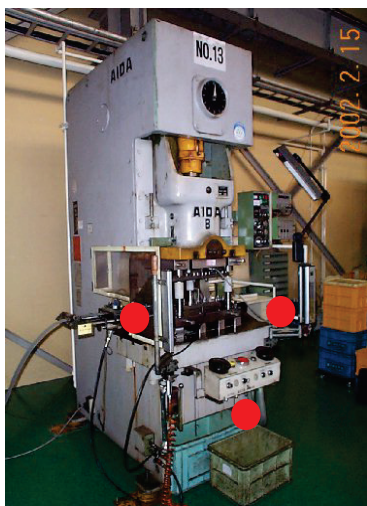


ライト(光)カーテン

42

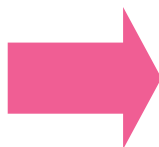
4.2.5 ガードと保護装置による対策例

ガード及び保護装置は、本質的安全設計によって合理的に危険源を除去できない、又はリスクを十分に低減することもできない場合に、人を保護するために使用しなければならない。



前面エリアセンサーと両手押しボタンのみの設置

リスクアセスメント後の
要改良箇所



前面:ライトカーテン
侵入可能領域:固定式ガードによる隔離

写真出所:内藤博光, JIS B 9700 (ISO12100) 機械類の安全性－設計のための一般原則－リスクアセスメント及びリスク低減, 日機連講演会資料

43

4.3 付加保護方策

ISO12100の規定(一部抜粋)

付加保護方策:

機械の“意図する使用”及び合理的に予見可能な機械の誤使用によって必要なとき、本質的安全設計方策でなく、安全防護(ガード及び／又は保護装置の実施)でもなく、使用上の情報でもない保護方策を実施しなければならない場合がある。このような場合に講じる方策。



・付加保護方策の例

- ① 非常停止
- ② 遮断及びエネルギーの消散に関する方策
- ③ 捕捉された人の脱出及び救助のための方策
- ④ 機械及び重量構成部品の容易、かつ安全な取り扱いに関する準備
- ⑤ 機械類への安全な接近に関する方策

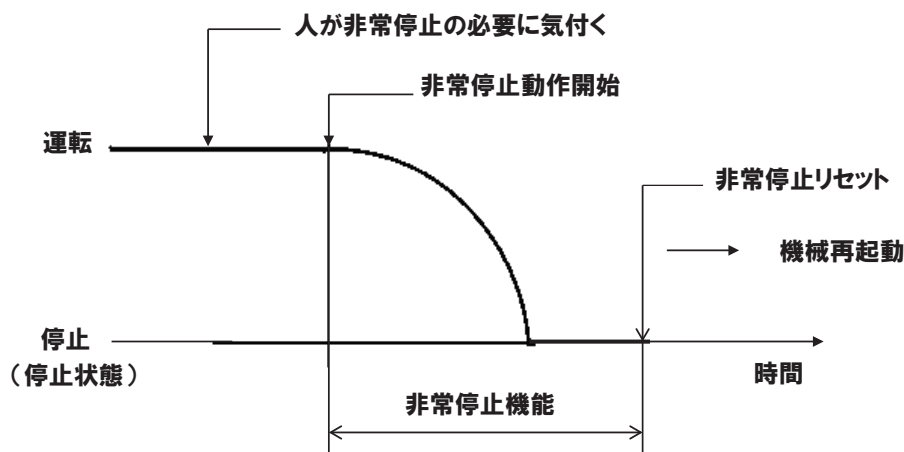
44

4.3.1 非常停止①

①非常停止：

現実が発生している，又は切迫した非常事態を回避するための方策であり、次のことを意図する機能。

- 人に対する危険源を又は機械類若しくは工程中のワークへの損害 を避けるか又は低減する。
- 人間の単一の動作によって停止指令を出す。



〔 図出所:JIS B 9703:2000,機械類の安全性－設計原則 〕 **非常停止機能**

45

4.3.1 非常停止②

①非常停止(つづき)：

非常停止機能の要求事項：

- 非常停止機能は、機械のすべての運転モードに優先する。
- リセットされるまで他のすべての起動信号も有効にはならない。
- 他の安全機能の代替手段にしてはならない。
- 非常停止機能は、他の保護装置又は他の安全機能をもつ装置の有効性をそこなってはならない。
- 非常停止装置の動作後、非常停止機能は別の危険を発生させることなく、機械を停止させる。

停止カテゴリ：

カテゴリ0：機械アクチュエータの電源を直接遮断することによる停止（すなわち，非制御停止）

カテゴリ1：機械アクチュエータが停止するために電力を供給し，その後停止したときに電源を遮断する制御停止

カテゴリ2：機械アクチュエータに電力を供給したままにする制御停止。

非常停止は、カテゴリ0又はカテゴリ1の停止

46

4.3.2 遮断及びエネルギーの消散と脱出及び救助の方策

②遮断及びエネルギーの消散に関する方策：

- －機械(又は機械の決められた部分)をすべての動力供給から遮断(切断, 分離)する。
- －すべての遮断装置を“遮断”の位置に施錠する。
- －危険源を生じるおそれのあるすべての蓄積エネルギーを消散すること又はこれが不可能若しくは実際的でない場合, 抑制する(封じ込める)。

③捕捉された人の脱出及び救助のための方策：

- －オペレータが捕捉される危険源を生じる設備での脱出ルート及び避難場所
- －非常停止後に特定の要素を手で動かすための手段
- －特定の要素を逆転するための手段
- －下へ降りる装置のための係留具
- －捕捉された人が救助を求めることができる伝達的手段

47

4.3.3 重量品の取り扱いと安全な接近

④機械及び重量構成部品の容易, かつ安全な取り扱いに関する準備：

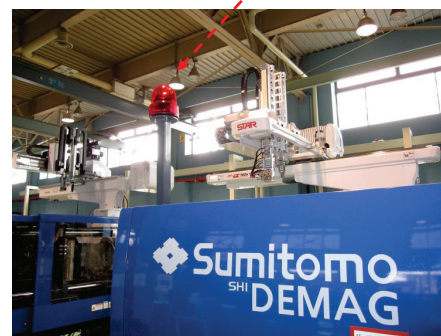
- 手で移動又は運搬ができない機械及びその構成部品については, つり上げ装置による運搬のため適切な附属用具を備えておくか, 又は附属用具を取り付けることができるようにする。

⑤機械類への安全な接近に関する方策：

- －運転や保全などの作業を地上レベルで行えない場合の方策
プラットフォーム, 階段など(ただし, 危険区域に接近できないようにする)
- －機械類の高所にある部位への接近手段
階段, はしご, プラットフォームのガードレール及び/又ははしごの安全囲いなど(墜落防止)
- －歩行区域に関する要求事項
作業時すべらないような材料で製作する。
地上からの高さに応じて, 適切なガードレールを備える。

48

5.1 信号及び警報装置と表示、標識(絵文字)、警告文



写真、図出所:内藤博光, JIS B 9700 (ISO12100) 機械類の安全性— 設計のための一般原則— リスクアセスメント及びリスク低減, 日機連講演会資料

51

5.2 付属文書(特に、取扱説明書)①

付属文書(特に、取扱説明書)に含める情報

- 機械の運搬、取扱い、保管に関する情報
- 機械の設置及び立上げに関する情報
- 機械自体に関する情報
- 機械の使用に関する情報
- 保全に関する情報
- 使用停止、分解、及び、廃棄処分に関する情報
- 非常事態に関する情報
- 熟練要員/非熟練要員用の保全指示事項の明確化

＋ 残留リスク情報

「改正労働安全衛生規則第24条の13」および指針の概要

機械による労働災害は、全労働災害の約1/4を占め、死亡災害や障害の残る災害も多数発生しています。このたび厚生労働省では、機械による労働災害の防止策を強化するため、機械を譲渡または貸与する者に対し、「機械に関する危険性等をその機械の譲渡または貸与を受ける相手方事業者へ通知すること」を努力義務化するとともに（改正労働安全衛生規則第24条の13。以下「改正安衛則」という）、その通知を促進するための指針（機械譲渡者等が行う機械に関する危険性等の通知の促進に関する指針）を公表しました。

改正安衛則と指針は、平成24年4月1日から施行・適用されます。事業者の皆さまには、これらにより、適切な通知に努めるようお願いいたします。

52

5.2 付属文書(特に、取扱説明書)②

取扱説明書の主な注意

- 印字、情報は明瞭に判読可能とする
- 機械を使用する国の言語で記載する
- 図等を用いて、本文の理解を助ける
- 表を用いて、本文の理解を支援する
- 色彩の使用を考慮する
- 長文の場合、目次・索引を設ける
- 直ちに必要な情報は、すぐに利用可能な形式とする

取扱説明書作成上の主な注意

- 操作手順に従い、作業者の疑問を想定して記述する
- 可能な限り簡単、簡潔なものとする(単位の統一、用語の説明)
- 作業者に理解しやすい形式で記述する
- 寿命の間、使用に耐える耐久性、有効性を考慮する
- etc

- 
- 正確性
 - 検索性
 - 作業性
(読みやすさ)
 - 利便性
 - 明瞭性
 - 適合性

53

まとめ

- 1 保護方策(安全方策)は、三つに分類され、優先順位付けされている。
- 2 本質的安全設計方策は、大きくは二つに分類され最優先の方策である。
- 3 安全防護策は、二つに分類され、本質的安全設計方策を講じた後に実施される。
- 4 付加保護方策は安全防護策とともに、2ndステップに分類されるが、支援安全機能と考える。
- 5 使用上の情報は、三つに分類され、本質的安全設計方策、安全防護策及び付加保護方策を講じた後に実施される。
- 6 保護方策(安全方策)は、設計段階で講じる方策が優先される。
- 7 保護方策(安全方策)の実施は、リスクアセスメントが前提となる。リスク低減の方法論は、リスクアセスメントとリスク低減方策(保護方策／安全方策)からなる。

54

演習問題

- ・ 国際安全規格では、リスク低減のための方法論として、リスクアセスメントとリスク低減方策(保護方策／安全方策)が要求されているが、わが国又はあなたの会社の「安全の考え方及びその方策」と国際規格で要求されるものの違いは何か論ぜよ。この違いには、歴史的、文化的背景を含んでよい。

55

参考資料

- 1 ISO12100, Safety of machinery – general principles for design – Risk assessment and risk reduction
- 2 ISO13849-1, Safety of machinery – Safety-related parts of control systems – Part1:General principles for design
- 3 ISO14120, Safety of machinery – Guards – General requirements for the design and construction of fixed and movable guards
- 4 ISO14119, Safety of machinery – Interlocking devices associated with guard – Principles for design and selection
- 5 ISO13850, Safety of machinery – Emergency stop – Principles for design
- 6 ISO13851, Safety of machinery – Two-hand control devices – functional aspects and design principles
- 7 ISO/IEC Guide51, Safety aspects—Guidelines for their inclusion in standards
- 8 ISO13855, Safety of machinery — Positioning of safeguards with respect to the approach speeds of parts of the human body

56

参考資料

- 9 IEC60204-1 Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements
- 10 向殿政男, よくわかるリスクアセスメント―事故未然防止の技術―、中央労働災害防止協会、2003
- 11 宮崎浩一、向殿政男,安全の国際規格-第2巻 機械安全-ISO 12100-2、機械類の安全性-設計のための基本概念、一般原則―第2部:技術原則―、日本規格協会、2007
- 12 (社)日本機械工業連合会編、向殿政男監修、ISO「機械安全」国際規格、日刊工業新聞社、1999
- 13 J. Ridley, D Pearce, Safety with machinery, Butterworth- Heinemann,2006
- 14 機械・設備のリスク低減技術 セーフティーエンジニアの基礎知識、(一財)日本規格協会、2013
- 15 内藤博光, JIS B 9700 (ISO12100) 機械類の安全性― 設計のための一般原則― リスクアセスメント及びリスク低減, 日機連講演会資料、2012
- 16 http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=wFp62jDcoFM

57

参考資料

- 17 A.ノイドルファー著、田中紘一翻訳・監修、国際規格対応安全な機械の設計、NPO安全工学研究所、2002
- 18 http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=wFp62jDcoFM
- 19 H18年度基準認証開発事業成果、JSA

58



RING!RING!
プロジェクト
競輪の補助事業

この報告書は、競輪の補助金により作成しました。

<http://ringring-keirin.jp/>



非 売 品

禁無断転載

平成 26 年度

中小製造業向け機械安全教育プログラムの
開発に関する報告書

発 行 平成 27 年 3 月

発行者 一般社団法人日本機械工業連合会

〒105-0011

東京都港区芝公園三丁目 5 番 8 号

電話 : 03-3434-9436